

**PENGARUH VARIASI WAKTU PEMBALIK (*TIME INVERSION*)  
TERHADAP CITRA *CORONAL* STUDI PEMERIKSAAN MRI KEPALA**

**SKRIPSI**



**HANU LUTVIA**

**PROGRAM STUDI S-1 FISIKA  
DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
2016**

**PENGARUH VARIASI WAKTU PEMBALIK (*TIME INVERSION*)  
TERHADAP CITRA CORONAL STUDI PEMERIKSAAN MRI KEPALA**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang  
Fisika Pada Fakultas Sains Dan Teknologi  
Universitas Airlangga**

**Oleh:**

**HANU LUTVIA**  
**081211331144**

**Dibantu Oleh:**

**Pembimbing I,**



**Prof. Dr. Ir. Suhardiningsih**  
**NIP. 19520627 1979012 001**

**Pembimbing II,**



**Drs. Tri Anwarso Putra**  
**NIP. 19610517 1990011 001**

## LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Pengaruh Variasi Waktu Pembalik (*Time Inversion*)  
terhadap Citra Coronal Studi Pemeriksaan MRI Kepala"  
Penyusun : Hanu Lutvia  
NIM : 081211131144  
Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Sahariningih  
Pembimbing II : Des. Tri Anggoro Priyo  
Tanggal Seminar : Senin, 25 Juli 2016

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Sahariningih  
NIP. 195210627 1979012 001

Des. Tri Anggoro Priyo  
NIP. 19610517 1990021 001

Mengesahkan,

Ketua Program Studi S1 Fisika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Airlangga

Dr. Moh Yadi M.Si  
NIP. 19670312 1991021 001

## **PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI**

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah.

**Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.**



**SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hanu Lutvia  
 NIM : 081211331144  
 Program Studi : Fisika  
 Fakultas : Sains dan Teknologi  
 Jurusan : Saiajasa (SI)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

**PENGARUH VARIASI WAKTU PEMBALIK (TIME INVERSION) TERHADAP CITRA CORONAL STUDI PEMERIKSAAN MRI KEPALA**

Apa saja saya saat ini tidak melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Gresik, 25 Juli 2016

**HANU LUTVIA**  
 NIM. 081211331144

**HANU LUTVIA**  
 NIM. 081211331144

Hanu Lutvia  
 NIM. 081211331144

**Hanu Lutvia, 081211331144, 2016, Pengaruh Variasi Waktu Pembalik (*Time Inversion*) terhadap Citra *Coronal* Studi Pemeriksaan MRI Kepala. Skripsi ini dibawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Suhariningsih dan Drs. Tri Anggono Priyo, Program Studi Fisika, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.**

---

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang berjudul Pengaruh Variasi Waktu Pembalik (*Time Inversion*) terhadap Citra *Coronal* Studi Pemeriksaan MRI kepala. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi waktu pembalik (TI) terhadap kualitas citra, yaitu nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan nilai *Contrast to Noise Ratio* (CNR) serta mengetahui nilai waktu pembalik (TI) yang tepat untuk mendapatkan kualitas citra T1 TIR *coronal* optimal dalam membantu penegakkan identifikasi kelainan saraf epilepsi. Penelitian ini, menggunakan pesawat MRI tipe Simens Magnetom Essenza 1,5 Tesla. Pengambilan data diperoleh dari dua belas responden dengan 5 variasi nilai waktu pembalik (TI) (400 ms, 500 ms, 600 ms, 700 ms dan 800 ms) dengan memperoleh total 60 citra. Melakukan evaluasi nilai SNR dan CNR jaringan dengan pengukuran ROI secara langsung pada perangkat MRI. Analisis nilai SNR dilakukan pada jaringan *cerebrospinal fluid* (CSF), *white matter* (WM), *gray matter* (GM), hipokampus kanan (Hka), dan hipokampus kiri (Hki). Nilai CNR dievaluasi pada jaringan CSF-WM, WM-GM, GM-CSF, dan Hka-Hki. Hasil nilai SNR dan CNR dilakukan analisis menggunakan uji MANOVA dan uji Korelasi *Pearson* untuk mengetahui pengaruh variasi TI. Sementara penentuan nilai optimal TI dengan analisis matematis yang menghasilkan persamaan garis antara nilai SNR dan nilai CNR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baik pada kelompok responden normal dan kelompok responden kelainan, variasi waktu pembalik (TI) berpengaruh signifikan dan memiliki pengaruh yang kuat terhadap nilai SNR dan nilai CNR jaringan yang dievaluasi. Hal ini berbeda dengan variasi waktu pembalik (TI) pada nilai CNR jaringan Hka-Hki yang tidak memiliki pengaruh pada kelompok responden normal, sedangkan memiliki pengaruh yang lemah pada kelompok responden kelainan. Hasil analisis persamaan garis nilai SNR dan CNR diperoleh titik potong pada variasi TI 600 ms – 700 ms. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, waktu pembalik TI berpengaruh terhadap nilai kualitas citra *coronal* T1 TIR dan nilai optimal TI untuk pemeriksaan MRI kepala pada citra *coronal* T1 TIR menggunakan rentang TI sebesar 600 ms – 700 ms.

Kata Kunci: waktu pembalik (TI), nilai SNR, nilai CNR, MRI kepala, citra *coronal* T1 TIR

**Hanu Lutvia, 081211331144, 2016, Effect Time Inversion (TI) Variation to the Coronal Image of MRI Brain Examination. This final assignment is under guidance Prof. Dr. Ir. Suhariningsih and Drs. Tri Anggono Priyo, Physics Department, Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga.**

---

### **ABSTRACT**

The Research of Effect Time Inversion (TI) Variation to the Coronal Image of MRI Brain Examination has been done. The purpose of this research was to determine the influence of time inversion (TI) variation to the image quality of Signal to Noise Ratio (SNR) value and Contrasts to Noise Ratio (CNR) value and was to determine the exactly time inversion (TI) variation to get image quality of T1 TIR coronal optimum for diagnosis epilepsy. The research was conducted with Simens Magnetom Essenza 1,5 Tesla. Data were collected from twelve volunteers with 5 variations of time inversion (TI) (400 ms, 500 ms, 600 ms, 700 ms and 800 ms) which is totally 60 images acquired. Image were evaluated according to the objective evaluation ROI of SNR and CNR by software in the MRI machine. Quantitative measurements of SNR value were conducted on cerebrospinal fluid (CSF), white matter (WM), gray matter (GM), right hippocampus (Hka), and left hippocampus (Hki). While CNR value measurements were on CSF-WM, WM-GM, GM-CSF, and Hka-Hki. Quantitative data of SNR and CNR value were analyzed using MANOVA test and Correlation Pearson test to determine effect of TI variation. While determination of optimum value TI from the analysis mathematical that produces equation the line between SNR and CNR value. The result of the research showed that time inversion (TI) variation affect significant and have a strong impact to the SNR and CNR value all volunteers. Meanwhile time inversion (TI) variation on the CNR Hka-Hki have a weak impact on abnormal volunteers group but have no effect on normal volunteers group. The result of analysis line equation SNR dan CNR value acquired a point cut on TI variation 600 ms – 700 ms. Based on the result of research can be conclusion that, time inversion (TI) influence of quality image T1 TIR coronal and optimum value TI for brain MRI examination on T1 TIR coronal image using range TI on 600 ms – 700 ms.

**Keywords:** time inversion (TI), SNR value, CNR value, MRI Brain, image T1 TIR coronal

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT Tuhan semesta alam, atas segala limpahan rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan naskah skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Waktu Pembalik (*Time Inversion*) terhadap Citra Coronal Studi Pemeriksaan MRI Kepala”**.

Tidak lupa shalawat serta salam penulis tujukan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan yang baik bagi kita semua. Naskah skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains bidang studi fisika pada Program Studi S1-Fisika Fakultas Sains dan Teknologi.

Naskah skripsi ini disusun atas upaya dan proses yang panjang serta tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesempatan bagi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi tepat waktu.
2. Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi tauladan bagi kita semua.
3. Bapak Tohiri Akasah, Ibu Anjar Munjayati, dan adik Revan Syafiqurrahman tercinta yang senantiasa mendoakan dan mendukung setiap langkah serta memberikan kasih sayang dan kebahagiaan.
4. Prof. Dr. Ir. Suhariningsih sebagai pembimbing I yang senantiasa sabar dan membantu dalam menyusun naskah skripsi ini, dan selalu memberikan saran dan kritik agar naskah skripsi ini menjadi lebih baik.



5. Drs. Tri Anggono Priyo sebagai pembimbing II yang senantiasa sabar dan membantu dalam menyusun naskah skripsi ini, dan selalu memberikan saran dan kritik agar naskah skripsi ini menjadi lebih baik.
6. Bapak Akhmad Muzamil, S.ST. atas kesabaran dan keuletan dalam membimbing penelitian kami selama di Rumah Sakit Haji Surabaya.
7. Prof. Dr. Retna Apsari, M.Si. selaku dosen penguji yang telah membantu, membimbing, dan menasehati dalam mengarahkan penelitian saya.
8. Pak Khusnul Ain, S.T, M.Si selaku dosen penguji yang telah membantu dalam membimbing, mengarahkan dan memahamkan penelitian saya.
9. Drs. Bambang Suprijanto, M.Si., sebagai dosen wali yang senantiasa membimbing sejak awal masuk perkuliahan hingga saat ini.
10. Dr. Moh Yasin, M.Si., selaku kepala departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
11. Keluarga sidoarjo yang senantiasa memberikan dukungan materi yang luar biasa untuk memperlancar penyelesaian tugas akhir ini.
12. Ihfadni Nazwa yang telah memberikan banyak dukungan, perhatian, dan semangat selama menjadi teman seperjuangan dalam menjalani masa perkuliahan di dunia fisika.
13. Titis Karunia Dewanti sahabat istimewa yang senantiasa memberikan semangat baru setiap menghadapi permasalahan.
14. Darmawan yang telah memberikan semangat, memberikan dukungan, dan memberikan bantuan bimbingan dalam mengingatkan kesalahan yang terjadi selama perkuliahan ini.

15. Ellen Wahyuningtyas dan Ditta Putri Kumalasari yang telah menjadi saudara kedua dalam memberikan dorongan, motivasi, dan semangat dalam menghadapi masalah selama perkuliahan.
16. Teman-teman seperjuangan “Team MRI” Achmad Haries Firmansyah, Moh. Saad Baruqi, Diana Ega Rani, dan Eli Krisniawati yang telah memberi semangat dan motivasi dalam kerjasama selama menjalani penelitian.
17. Soni Asmi'an, Firdaus Eka Setiawan, M. Ulil Abshor, Pipin Tri Anjani, Izzuding, dan Firman Maulana Ikhsan sebagai sahabat dan teman yang selalu memberi keceriaan.
18. Ratna Yulia Sari, Novi Tri Nugraheni, dan Firdaus Eka Setiawan, Hanif, Zusmi, Darma, dan Icha sebagai teman sepermainan yang telah memberikan pengalaman banyak hal.
19. Teman-teman Pericuh, Pramitha, Pooja, Muthia, Amel, Retno, Novi, Mila yang selalu memberikan keceriaan berbeda dalam suka duka masa perkuliahan.
20. Teman-teman istimewa lainnya Novia Wahyuning Pamungkas, Ayudya Elinda Mawarda, Sisilia Cindy Y.P yang telah menjadi motivasi terbesar.
21. Adek-adek sepupu tercinta Kakak Rizta Amanda Maharani dan Adek Rizky Muhammad Jalla yang selalu memberikan kasih sayang dan candaan untuk penyemangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
22. Firdaus Eka Setiawan, Maya Ardiati, Diana Ega, Siti Zumrokatus, Ninis, Fitriyani M, Darmawan, Linda Nihayatul sebagai teman dosen wali dan seperjuangan selama perkuliahan.

23. Teman-teman Fisika 2012 yang sangat luar biasa dalam berjuang menjalani perkuliahan menggeluti dunia Fisika.
24. Teman-teman Kos Ijo Lumut yang telah menjadi keluarga kedua dan selalu memberikan hiburan dalam menjalani masa perkuliahan di tempat rantau ini.
25. Serta pihak-pihak yang belum sempat saya sebutkan disini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan naskah skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, 1 Juli 2016

Penulis,

Hanu Lutvia

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI .....</b>	<b>iv</b>
<b>SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b><i>ABSTRACT</i> .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN.....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah .....	6
1.4 Hipotesis Penelitian .....	7
1.5 Tujuan Penelitian .....	7
1.6 Manfaat Penelitian .....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Epilepsi .....	9
2.1.1 Definisi.....	9
2.1.2 Etiologi.....	10
2.1.3 Klasifikasi .....	12
2.2 Diagnosis Epilepsi.....	16
2.2.1 Anamnesis.....	17
2.2.2 Pemeriksaan Fisik Umum dan Neurologis .....	17
2.2.3 Pemeriksaan Penunjang .....	17

2.3 MRI .....	20
2.3.1 Definisi.....	20
2.3.2 Prinsip Dasar MRI .....	23
2.4 Parameter Citra MRI .....	33
2.4.1 Pembobotan Citra.....	34
2.4.1.1 Pembobotan T1 .....	35
2.4.1.2 Pembobotan T2 .....	36
2.4.2 <i>Sequence Pulse Inversion Recovery</i> (IR).....	40
2.5 Parameter Kualitas Gambar MRI.....	43
2.5.1 <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR).....	46
2.5.2 <i>Contrast to Noise Ratio</i> (CNR).....	47
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>49</b>
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	49
3.2. Subyek Penelitian.....	49
3.3. Alat dan Bahan.....	49
3.3.1 Alat.....	49
3.3.2 Bahan .....	51
3.4. Variabel Penelitian.....	52
3.4.1 Variabel Bebas .....	52
3.4.2 Variabel Terikat .....	52
3.4.3 Variabel Terkendali .....	52
3.5. Prosedur Penelitian.....	53
3.5.1 Diagram Alir Penelitian .....	53
3.5.2 Tahap Persiapan .....	54
3.5.3 Tahap Pemindaian.....	54
3.5.4 Pengambilan Data .....	54
3.6. Analisis Data .....	55
3.6.1 Analisis nilai SNR dan CNR.....	56
3.6.2 Analisis Uji Statistik .....	56
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>59</b>
4.1 Hasil Analisis Kualitas Citra.....	62

4.2 Hasil Analisis Pengaruh TI terhadap Nilai SNR.....	67
4.3 Hasil Analisis Pengaruh TI terhadap Nilai CNR .....	71
4.4 Analisis Variasi TI untuk Citra Optimal .....	75
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>84</b>
5.1 Kesimpulan .....	84
5.2 Saran .....	85
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>86</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>90</b>



## DAFTAR GAMBAR

No	Judul Gambar	Halaman
2.1	Fokus daerah bangkitan penderita epilepsi .....	16
2.2	Pencitraan neuroimaging epilepsi .....	19
2.3	Variasi perpotongan penampang tubuh pada MRI.....	22
2.4	Momen dipol proton terpengaruh medan magnet .....	25
2.5	Arah vektor magnetisasi proton atom hidrogen .....	26
2.6	Presesi proton pengaruh medan magnet luar.....	27
2.7	Resonansi proton pengaruh gelombang RF .....	28
2.8	Kurva fenomena T1 <i>recovery</i> .....	31
2.9	Kurva fenomena T2 <i>decay</i> .....	32
2.10	Diagram alir prinsip kerja diagnostik MRI .....	32
2.11	Ilustrasi dari prinsip dasar diagnostik MRI .....	33
2.12	Parameter pulsa sekuen dasar pencitraan MRI .....	34
2.13	Kurva perbedaan lemak dan air pembobotan T1 .....	36
2.14	Hasil pencitraan T1 <i>weighted</i> .....	36
2.15	Kurva perbedaan lemak dan air pembobotan T2 .....	37
2.16	Hasil pencitraan T2 <i>weighted</i> .....	38
2.17	Arah net-magnetisasi setelah diberikan pulsa pembalik .....	41
2.18	Diagram sekuen pulsa <i>Inversion Recovery</i> .....	42
2.19	Pembobotan T1 pada <i>Inversion Recovery</i> .....	42
2.20	Penentuan region of interest (ROI) jaringan .....	46
3.1	Pesawat MRI simens magneton Espree 1,5 T .....	50
3.2	Koil kepala ( <i>Head Coil</i> ) .....	50
3.3	Sistem komputer.....	51
3.4	<i>Processor</i> film .....	51
3.5	Diagram alir penelitian.....	53
3.6	Penentuan ROI hasil citra MRI .....	55
4.1	Citra T1 TIR setiap variasi TI .....	61

4.2	Pengukuran ROI.....	62
4.3	Histogram SNR hipokampus kiri .....	64
4.4	Grafik pengaruh TI terhadap SNR .....	68
4.5	Diagram nilai SNR terhadap variasi TI.....	69
4.6	Grafik pengaruh TI terhadap CNR.....	71
4.7	Diagram nilai CNR terhadap variasi TI .....	73
4.8	Grafik hubungan SNR dan CNR normal 1.....	77
4.9	Grafik hubungan SNR dan CNR normal 2.....	78
4.10	Grafik hubungan SNR dan CNR normal 3.....	78
4.11	Grafik hubungan SNR dan CNR normal 4.....	78
4.12	Grafik hubungan SNR dan CNR normal 5.....	79
4.13	Grafik hubungan SNR dan CNR normal 6.....	79
4.14	Grafik hubungan SNR dan CNR normal 7.....	79
4.15	Grafik hubungan SNR dan CNR normal 8.....	80
4.16	Grafik hubungan SNR dan CNR kelainan 1 .....	80
4.17	Grafik hubungan SNR dan CNR kelainan 2 .....	80
4.18	Grafik hubungan SNR dan CNR kelainan 3 .....	81
4.19	Grafik hubungan SNR dan CNR kelainan 4 .....	81



**DAFTAR TABEL**

<b>No</b>	<b>Judul Tabel</b>	<b>Halaman</b>
2.1	Nilai TR dan TE .....	38
4.1	Homogenitas nilai SNR dan CNR.....	66



## DAFTAR SINGKATAN

MRI	: <i>Magnetic Resonance Imaging</i>
EEG	: <i>Elektroencephalograph</i>
CT-scan	: <i>Computed Tomography Scan</i>
TI	: <i>Time Inversion</i>
TR	: <i>Time Repetition</i>
TE	: <i>Time Echo</i>
IR	: <i>Inversion Recovery</i>
TIR	: <i>True Invers Recovery</i>
RF	: Radio Frekuensi
SNR	: <i>Signal to Noise Ratio</i>
CNR	: <i>Contras to Noise Ratio</i>
ILAE	: <i>International League Against</i>
IBE	: <i>International Bureau for Epilepsy</i>
IDAI	: Ikatan Dokter Anak Indonesia
ROI	: <i>region of interest</i>
NEX	: <i>Number of Eksitation</i>
T1 TIR	: <i>T1 weighted True Invers Recovery</i>
CSF	: <i>Cerebrospinal Fluid</i>
WM	: <i>White Matter</i>
GM	: <i>Gray Matter</i>
Hka	: Hipokampus kanan
Hki	: Hipokampus kiri

**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>No</b>	<b>Judul Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1	Penjelasan Singkat Penelitian .....	90
2	Lembar Inform Consent .....	94
3	Chek List Pemeriksaan MRI .....	95
4	Sertifikat Laik Etik .....	98
5	Surat Keterangan Penelitian .....	99
6	Data Responden .....	101
7	Analisis Data Responden .....	161

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Kelainan saraf pada kepala terutama pada bagian otak memiliki klasifikasi dan penyebab yang berbeda-beda. Otak merupakan organ yang sangat penting, karena selain mengontrol diri sendiri dalam fungsi kognitif, juga mengontrol fungsi motorik untuk seluruh organ tubuh. Beberapa kemungkinan kelainan saraf sulit untuk dideteksi secara langsung tanpa pemeriksaan tambahan yang menunjang identifikasi kelainan tersebut. Salah satu kelainan saraf yang sulit diidentifikasi tanpa pemeriksaan yang mendalam adalah kelainan saraf epilepsi karena terjadinya serangan epileptik pada umumnya tanpa adanya faktor yang memprovokasi.

Masalah dalam penanganan epilepsi adalah menentukan dengan pasti diagnosis epilepsi sehingga sebelum pengobatan dimulai diagnosis epilepsi harus ditegakkan terlebih dahulu (Mardjono, 2003). Diagnosis dan pengobatan epilepsi tidak dapat dipisahkan sebab pengobatan yang sesuai dan tepat hanya dapat dilakukan dengan diagnosis epilepsi yang tepat pula (Oguni, 2004). Ada 4 cara dokter dalam mendiagnosis kelainan epilepsi antara lain, riwayat kejang, tes fisik, *elektroencephalograph* (EEG), dan pemeriksaan tambahan berupa pencitraan otak (Ahmed dkk, 2004).

Pemeriksaan tambahan yang dilakukan adalah pemeriksaan radiologi yang merupakan pemeriksaan untuk melengkapi informasi hasil dari EEG. Pemeriksaan radiologi ini, bertujuan untuk melihat kelainan struktural di otak (pencitraan) yang

sering disebut sebagai pemeriksaan neuroimaging. Dua yang paling umum digunakan dalam pemeriksaan adalah CT-scan dan MRI. Pada penelitian Suwarba (2011) menyebutkan bahwa pada anak epilepsi ditemukan hasil CT-scan kepala abnormal pada sekitar 7%-24% kasus, sedangkan MRI kepala abnormal ditemukan pada hampir 50% epilepsi fokal atau parsial (Gaillar dkk, 2009). MRI adalah teknik pilihan yang lebih unggul daripada CT-scan karena dapat mengidentifikasi penyebab dasar epilepsi (Alam-Eldeen, 2015). Bila dibandingkan dengan CT-scan, MRI lebih sensitif dan secara anatomis akan tampak lebih rinci karena daya pisah jaringan lunak MRI lebih tinggi akibat prinsip dasar pencitraan MRI yang mengacu pada waktu relaksasi masing-masing jaringan. Berbeda untuk citra yang dihasilkan CT-scan yang bergantung pada koefisien adsorpsi radiasi suatu jaringan, dimana CT-scan kurang sensitif dalam mendeteksi perbedaan daya adsorpsi beberapa jaringan yang memiliki struktur atom hampir mirip.

*Magnetic Resonance Imaging* (MRI) merupakan teknik pencitraan penampang tubuh berdasarkan prinsip resonansi magnetik inti atom hidrogen akibat pemberian sinyal radio frekuensi (RF) yang memiliki frekuensi sesuai dengan frekuensi presesi (*lanmor frequency*) (Westbrook dkk, 2011). Ketika pemberian RF dihentikan maka atom hidrogen tubuh akan mengalami relaksasi atau kembali ke posisi semula (*recovery*), melepaskan energi yang diserap, dan menimbulkan signal yang akan diproses menjadi citra. Teknik pencitraan MRI relatif kompleks karena gambar yang dihasilkan bergantung pada banyak parameter. Bila pemilihan parameternya tepat, kualitas gambar detail tubuh manusia akan tampak jelas, sehingga anatomi maupun patologi jaringan tubuh dapat dievaluasi secara teliti (Notosiswoyo dkk, 2004).

Salah satu manfaat dari MRI yaitu, mampu membandingkan hipokampus kanan dan kiri. Selain itu, abnormalitas MRI otak yang paling banyak ditemukan pada penderita epilepsi parsial adalah sklerosis hipokampus (Foldvary, 1999). Fokus pemeriksaan pada kelainan epilepsi, adalah pada lobus temporalis tepatnya pada bagian hipokampus. Pemeriksaan kelainan pada hipokampus dengan pencitraan MRI optimal adalah pada perpotongan *coronal*, dimana menghasilkan pencitraan dengan perpotongan pada sumbu Y (Reiser dkk, 2013). Kelainan saraf epilepsi dapat dideteksi secara anatomis (letak kelainan) dengan pengaturan pembobotan T1 pada pencitraan MRI. T1 merupakan waktu relaksasi yang dibutuhkan atom hidrogen suatu jaringan untuk kembali pada posisi bidang magnetisasi longitudinal hingga mencapai posisi pemulihnya sebesar 63%. Pembobotan T1 diperoleh dengan pengaturan parameter *echo time* (TE) dan *repetition time* (TR) bernilai pendek. Karakteristik dari *image T1 weighted* adalah lemak nampak terang dan air nampak gelap karena kedua jaringan tersebut memiliki posisi pemulihnya masing-masing akibat adanya fenomena relaksasi yang ditimbulkan setelah pemberian gelombang radio frekuensi dihentikan.

Menurut Westbrook (2011), nilai pembobotan T1 untuk menghasilkan citra yang lebih jelas mendeteksi kelainan secara anatomis yaitu, dengan mengatur parameter TE sebesar 10-20 ms dan parameter TR > 3000 ms. Selain itu, menggunakan sekuen pulsa *Inversion Recovery* (IR) agar hasil citra lebih jelas dan detail (Westbrook dkk, 2011). *Inversion Recovery* merupakan sekuen pulsa penginversi atom hidrogen sebesar 180° dari sumbu-z positif ke arah sumbu-z negatif yang dilanjutkan dengan pulsa transisi sebesar 90° dan refreshing sebesar

180° yang merupakan variasi dari sekuen pulsa *spin echo*. Oleh karena itu, waktu yang dibutuhkan untuk masing-masing jaringan berelaksasi ke posisi semula cukup lama. Pemberian gelombang radio frekuensi penginversi 180° menghasilkan perbedaan kontras yang jelas antara lemak dan air karena saturasi penuh dari vektor lemak dan air telah tercapai pada permulaan setiap repetisi. Sekuen pulsa IR memperbesar sinyal dari struktur-struktur hiperintens yang diibaratkan sebagai hasil dari injeksi kontras. Waktu antara pulsa pembalik 180° yang pertama dan pulsa 90° dikenal sebagai waktu pembalik atau *time inversion* (TI). Variasi nilai *time inversion* (TI) dapat mengontrol sinyal jaringan yang berbeda sehingga menghasilkan perbedaan kontras yang sangat jelas. Kontras gambar yang dihasilkan pada pembobotan T1 juga bergantung dari pengaturan panjang pendeknya *time inversion* (TI) (Westbrook dkk, 2011).

Penelitian Melhem (1998), mengungkapkan bahwa hasil deteksi lesi otak pada pencitraan MRI dengan TI sebesar 683 ms, namun pada penelitian ini tidak terfokus pada kelainan lesi otak kasus epilepsi. Pada penelitian Phal (2008) mengenai perbandingan keunggulan citra MRI 1,5 T dengan 3 T kasus epilepsi perpotongan *coronal* dan penelitian Alam-Eldeen (2015) menyebutkan keunggulan MRI daripada CT-scan dalam kasus epilepsi dengan pencitraan FLAIR menggunakan pengaturan TI panjang yaitu > 1700 ms. Penelitian lain, yaitu Hou (2005) menggunakan citra T1 dengan sekuen pulsa IR pada nilai TI sebesar 430 ms menghasilkan kontras yang terbaik. Selain itu, menurut Westbrook (2011) untuk menghasilkan kontras citra terbaik dalam pembobotan citra T1 dengan

mengaplikasikan sekuen pulsa *Inversion Recovery* (IR), menggunakan rentang nilai TI medium antara 400 ms sampai 800 ms.

Oleh karena itu, pada penelitian kali ini dilakukan analisis variasi *time inversion* (TI) rentang medium yaitu, 400 ms sampai 800 ms terhadap citra T1 *weighted True Invers Recovery* (T1 TIR) *coronal* studi pemeriksaan MRI kepala sebagai identifikasi kelainan saraf epilepsi. Variasi nilai TI (*time inversion*) akan berpengaruh terhadap nilai *signal to noise ratio* (SNR) dan nilai *contras to noise ratio* (CNR) yang merupakan parameter kualitas hasil citra MRI untuk menghasilkan citra yang cukup jelas dan detail. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan kualitas citra T1 TIR yang optimal pada pemeriksaan MRI kepala dalam mendeteksi kelainan epilepsi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Bedasarkan latar belakang masalah, dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh nilai waktu pembalik TI (*time inversion*) terhadap nilai *signal to noise ratio* (SNR) jaringan sebagai parameter penentu kualitas citra sehingga mampu memperjelas hasil pemeriksaan MRI kepala?
2. Bagaimana pengaruh nilai waktu pembalik TI (*time inversion*) terhadap nilai *contras to noise ratio* (CNR) jaringan sebagai parameter penentu kualitas citra sehingga mampu memperjelas hasil pemeriksaan MRI kepala?



3. Pada variasi nilai waktu pembalik TI (*time inversion*) berapa yang mampu menghasilkan kualitas citra optimal sebagai acuan pemeriksaan MRI kepala untuk melengkapi informasi adanya suatu kelainan saraf epilepsi?

### 1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam tugas akhir ini tidak meluas dan tidak menyimpang dari tujuan, maka diambil batasan masalah sebagai berikut:

1. Fokus pemeriksaan deteksi anatomis pada lobus temporalis tepatnya daerah hipokampus pasien pemeriksaan MRI kepala untuk mendeteksi kelainan saraf epilepsi.
2. Pencitraan anatomis pembobotan T1 dengan parameter *echo time* (TE) sebesar 63 ms dan parameter *repetition time* (TR) > 3000 ms yaitu sebesar 7000 ms sesuai dengan pengaturan pemeriksaan MRI kepala citra T1 TIR Rumah Sakit Haji Surabaya.
3. Sekuen pulsa yang digunakan adalah *inversion recovery* (IR) untuk menghasilkan kontras perbedaan citra yang jelas dan detail sebagai pemeriksaan identifikasi kelainan saraf epilepsi.
4. Pesawat MRI yang digunakan adalah Pesawat Simens Magnetom Essenza 1,5 T.
5. Pasien testi merupakan pasien *scan brain* MRI pada Rumah Sakit Haji Surabaya.
6. Film pencetak hasil citra adalah *film single emulsi* jenis *dry view* dengan ukuran 35cm x 43 cm.

#### 1.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, dapat dirumuskan hipotesis penelitian sebagai berikut:

1. Waktu pembalik TI (*time inversion*) memiliki pengaruh terhadap nilai *signal to noise ratio* (SNR) jaringan dalam pemeriksaan MRI kepala.
2. Waktu pembalik TI (*time inversion*) memiliki pengaruh terhadap nilai *contras to noise ratio* (CNR) jaringan dalam pemeriksaan MRI kepala.
3. Waktu pembalik TI (*time inversion*) berpengaruh terhadap hasil kualitas citra untuk menentukan hasil optimal dalam pemeriksaan MRI kepala sehingga mampu mengidentifikasi kelainan saraf epilepsi.

#### 1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian adalah:

Mengetahui pengaruh waktu pembalik TI (*time inversion*) terhadap hasil kualitas citra T1 TIR *coronal* serta mendapatkan hasil citra optimal dalam mengidentifikasi kelainan saraf epilepsi pada pemeriksaan MRI kepala.

Tujuan khusus penelitian adalah:

1. Mengetahui pengaruh waktu pembalik TI (*time inversion*) terhadap nilai *signal to noise ratio* (SNR) jaringan pada pemeriksaan MRI kepala.
2. Mengetahui pengaruh waktu pembalik TI (*time inversion*) terhadap nilai *contras to noise ratio* (CNR) jaringan pada pemeriksaan MRI kepala.
3. Mengetahui nilai waktu pembalik (TI) yang tepat dalam menghasilkan kualitas citra yang optimal pada pemeriksaan MRI kepala sebagai pendeteksi kelainan saraf epilepsi.

### 1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi terkait pengaruh waktu pembalik (TI) terhadap waktu relaksasi atom hidrogen suatu jaringan sehingga menghasilkan kualitas citra optimal pada pemeriksaan MRI kepala dengan memperhitungkan nilai SNR (sinyal amplitudo masing-masing jaringan) sebagai hasil kejelasan citra dan nilai CNR (perbedaan sinyal amplitudo pada dua jaringan yang berbeda) sebagai hasil kontras perbedaan citra jaringan yang detail. Oleh karena itu, akan diperoleh citra pemeriksaan MRI kepala yang unggul dalam membedakan antara jaringan yang mengalami kelainan dengan jaringan normal sehingga mampu membantu penegakkan diagnosis suatu kelainan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Epilepsi

##### 2.1.1 Definisi

Bangkitan epileptik didefinisikan sebagai suatu kejadian sementara dari tanda-tanda atau gejala ketidaknormalan aktivitas neuron yang berlebih secara serempak di dalam otak (Fisher dkk, 2005). Epilepsi adalah cetusan listrik lokal pada substansi grisea otak yang terjadi sewaktu-waktu, mendadak, dan sangat cepat yang dapat mengakibatkan serangan penurunan kesadaran, perubahan fungsi motorik atau sensorik, perilaku atau emosional yang intermiten dan stereotipik (Ginsberg, 2007). Akibat fungsi sel neuron terganggu maka terjadi pelepasan aktifitas listrik abnormal dari sel-sel neuron di otak. Gangguan fisiologi, biokimia, dan anatomi merupakan gangguan fungsi dengan manifestasi baik lokal maupun general (Raharjo, 2007).

Epilepsi merupakan salah satu keadaan tidak teratur dari otak akibat kecenderungan kronis yang membangkitkan beberapa bangkitan epileptik (Reiser dkk, 2013). Epilepsi adalah suatu kelainan otak yang ditandai adanya bangkitan epileptik yang berulang (lebih dari satu kali episode). *International League Against Epilepsy* (ILAE) dan *International Bureau for Epilepsy* (IBE) tahun 2005 mendefinisikan epilepsi sebagai suatu kelainan otak yang ditandai dengan adanya

faktor predisposisi yang dapat mencetuskan bangkitan epileptik, perubahan neurobiologis, kognitif, psikologis, dan adanya konsekuensi sosial.

Oleh karena itu, dapat kita ketahui bahwa bangkitan epilepsi merupakan manifestasi klinis dari bangkitan serupa (stereotipik) yang berlebihan dan abnormal, berlangsung secara tiba-tiba, dan sementara dengan atau tanpa perubahan kesadaran yang disebabkan oleh hiperaktivitas listrik sekelompok sel saraf di otak yang bukan disebabkan suatu penyakit otak akut atau dengan kata lain tanpa pengaruh adanya profokasi.

### **2.1.2 Etiologi**

Penyebab epilepsi adalah adanya kelainan bangkitan listrik jaringan saraf yang tidak terkontrol baik sebagian maupaun seluruh pada bagian otak. Beberapa faktor gangguan otak yang dapat menyebabkan lepasnya muatan listrik berlebih di sel neuron saraf pusat yakni, faktor fisiologis, biokimiawi, anatomis, maupun gabungan dari faktor-faktor tersebut. Setiap penyakit atau kelainan yang dapat mengganggu fungsi otak atau fungsi sel neuron di otak, dapat menyebabkan timbulnya bangkitan kejang atau serangan epilepsi (Lumbantobing, 1999).

Menentukan faktor penyebab dapat diketahui dengan melihat usia serangan pertama kali. Pada usia dibawah 18 tahun kemungkinan faktor penyebab epilepsi ialah trauma perinatal, kejang demam, radang susunan saraf pusat, struktural, penyakit metabolik, keadaan toksik, penyakit sistemik, penyakit trauma kepala, dan lain-lain (Raharjo, 2007). Bangkitan kejang juga dapat disebabkan oleh berbagai kelainan dan macam-macam penyakit diantaranya, trauma lahir, trauma kapitis,

radang otak, tumor otak, pendarahan otak, gangguan peredaran darah di otak, hipoksia, anomai kongenital otak, kelainan degeneratif susunan saraf pusat, gangguan metabolisme, gangguan elektrolit, demam reaksi toksis-alergis, keracuan obat atau zat kimia, dan faktor hereditas (Hasan, 2007). Faktor resiko terjadinya epilepsi pada penderita kejang demam, yaitu:

- a. Adanya kelainan neurologis atau perkembangan sebelum kejang demam pertama
- b. Kejang demam kompleks
- c. Adanya riwayat epilepsi pada orang tua atau saudara kandung.

Masing-masing resiko ini meningkatkan resiko epilepsi 4%-6%, kombinasi faktor resiko tersebut meningkatkan resiko epilepsi menjadi 10%-49% (Octaviana, 2008). Epilepsi diartikan sebagai kejang berulang dan multipel. Menurut IDAI (2009), anak dengan riwayat kejang demam mempunyai resiko sedikit lebih tinggi menderita epilepsi pada umur 7 tahun dibandingkan dengan anak yang tidak pernah mengalami kejang demam. Penyebab spesifik dari epilepsi antara lain:

- a. Kelainan yang terjadi selama kehamilan atau perkembangan janin, contohnya ibu mengonsumsi obat-obatan tertentu yang dapat merusak otak janin, minum-minuman alkohol atau mendapatkan terapi penyinaran.
- b. Kelainan yang terjadi saat kelahiran (bayi baru lahir), *brain malvormation*, gangguan oksigen sebelum lahir (Hipoksia-Asfiksia), gangguan elektrolit, gangguan metabolisme janin, dan infeksi.

- c. Saat usia bayi atau anak-anak mengalami demam (kejang demam), tumor otak (kasus yang jarang), dan infeksi.
- d. Saat usia anak sampai dewasa, memiliki kelainan seperti *sindrom down*, *neurofibromstosis*, adanya hereditas dari orang tua, penyakit otak yang berjalan secara progresif seperti tumor otak (kasus yang jarang), serta trauma kepala.
- e. Saat usia tua atau lanjut, terjadi stroke, penyakit alzheimer, dan trauma.

### 2.1.3 Klasifikasi

Neuron memiliki potensial membran, hal ini terjadi karena adanya perbedaan muatan ion-ion yang terdapat di dalam dan di luar neuron. Perbedaan jumlah muatan ion-ion ini menimbulkan polarisasi pada membran dengan bagian intraneuron yang lebih negatif. Neuron bersinapsis dengan neuron lain melalui akson dan dendrit. Suatu masukan melalui sinapsis yang bersifat eksitasi akan menyebabkan terjadinya depolarisasi membran yang berlangsung singkat, kemudian inhibisi akan menyebabkan hiperpolarisasi membran. Bila eksitasi cukup besar dan inhibisi kecil akson mulai terangsang, suatu potensial aksi akan dikirim sepanjang akson, untuk merangsang atau menghambat neuron lain, sehingga terjadilah epilepsi (Tjahjadi dkk, 2007).

Bangkitan epilepsi disebabkan oleh ketidakseimbangan antara faktor eksitasi dan inhibisi serebal, bangkitan akan muncul pada eksitabilitas yang tidak terkontrol. Pada sebagian besar kasus tidak dijumpai kelainan anatomi otak, namun pada

beberapa kasus epilepsi disertai oleh kerusakan struktural otak yang mengakibatkan disfungsi fisik dan retardasi mental (Pinzon, 2006).

Menurut *International League Against Epilepsy* tahun 1981 dalam Sofyan (1999) dan Robert (2000), epilepsi diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Kejang parsial atau fokal

Kejang parsial merupakan kejang dengan cetusan lokal pada satu bagian otak dan biasanya disertai dengan munculnya aura. Kejang parsial timbul akibat abnormalitas aktivitas elektrik otak yang terjadi pada salah satu hemisfer (belahan) otak atau salah satu bagian dari hemisfer otak.

- 1) Parsial sederhana (kesadaran tetap ada)
  - a) Dengan gejala motorik
  - b) Dengan gejala somatosensorik atau sensorik khusus
  - c) Dengan gejala autosom
  - d) Dengan gejala psikis
- 2) Parsial kompleks (kesadaran menurun)
  - a) Berasal sebagai parsial sederhana dan berkembang menjadi penurunan kesadaran
  - b) Dengan penurunan kesadaran sejak episode.
- 3) Parsial yang menjadi umum sekunder
  - a) Parsial sederhana yang menjadi umum tonik-klonik
  - b) Parsial kompleks menjadi umum tonik-klonik
  - c) Parsial sederhana menjadi parsial kompleks dan menjadi umum tonik-klonik



b. Kejang umum

Kejang umum ditimbulkan karena adanya abnormalitas aktivitas elektrik neuron yang terjadi pada seluruh hemisfer otak secara simultan.

1) Absens (Petit Mal)

Ciri khas serangan absens adalah durasi singkat, cetusan dan terminasi mendadak, frekuensi sangat sering, terkadang disertai gerakan klonik pada mata, dagu, dan bibir.

2) Mioklonik

Kejang mioklonik adalah kontraksi mendadak, sebentar yang dapat umum atau terbatas pada wajah, batang tubuh, satu atau lebih ekstremitas, atau satu grup otot dapat secara berulang maupun tunggal.

3) Klonik

Pada kejang tipe ini tidak ada komponen tonik, hanya terjadi kejang kelojot. Banyak dijumpai pada usai anak-anak.

4) Tonik

Merupakan kontraksi otot yang kaku, menyebabkan ekstremitas menetap dalam satu posisi. Biasanya terdapat deviasi bola mata dan kepala ke satu sisi, dapat disertai rotasi seluruh batang tubuh. Wajah menjadi pucat kemudian merah dan kebiruan karena tidak dapat bernafas. Mata terbuka atau tertutup, konjungtiva tidak sensitif, pupil dilatasi.

5) Tonik Klonik (*grand mall*)

Merupakan suatu kejang yang diawali dengan tonik, sesaat kemudian diikuti oleh gerakan klonik.

6) Atonik

Berupa kehilangan tonus. Dapat terjadi secara fragmentasi hanya kepala jatuh ke depan atau lengan jatuh tergantung atau menyeluruh sehingga pasien terjatuh.

c. Kejang tidak dapat diklasifikasikan

1) Berkaitan dengan lokasi kelainannya

- a) Idiopatik (primer)
- b) Simtomatik (sekunder)
- c) kriptogenik

2) Epilepsi umum dan berbagai sindrom epilepsi berurutan sesuai dengan peningkatan usia

- a) Idiopatik (primer)
- b) Kriptogenik atau simtomatik dengan peningkatan usia (sindrom west, sindrom lennox-gasraut, epilepsi lena mioklonik dan epilepsi mioklonik-astatik)
- c) simtomatik

3) Epilepsi dan sindrom yang tak dapat ditentukan fokal dan umum

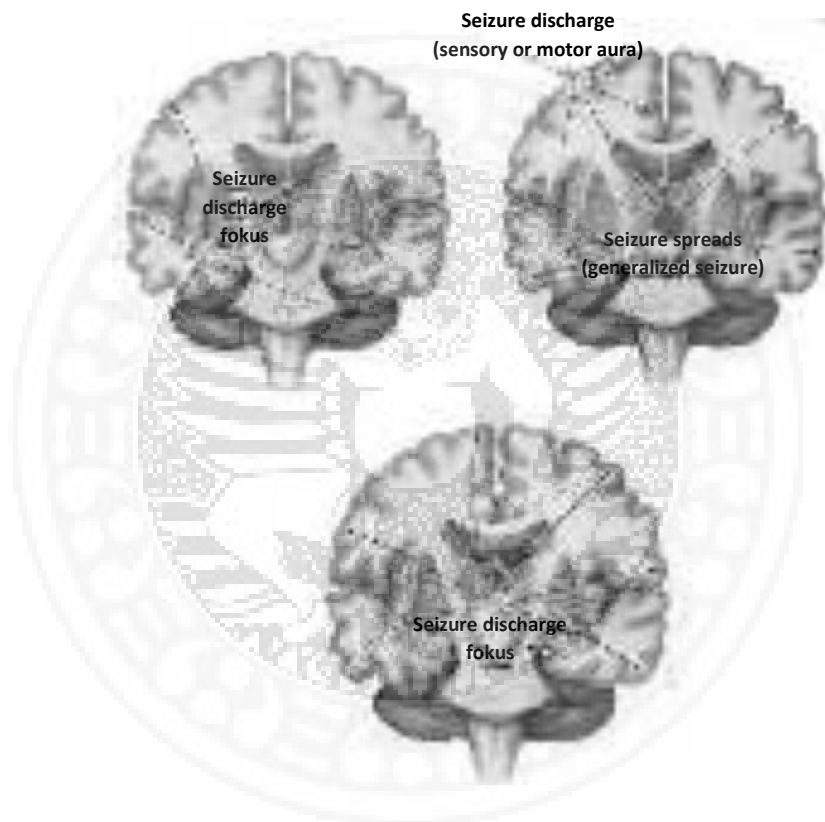
- a) Bangkitan umum dan fokal
- b) Tanpa gambaran tegas fokal atau umum

4) Sindrom khusus, bangkitan yang berkaitan dengan situasi tertentu.

- a) Kejang demam
- b) Status epileptikus yang hanya timbul sekali (*isolated*)

- c) Bangkitan yang hanya terjadi karena alkohol, obat-obatan, eklamsi atau hiperglikemik non ketotik
- d) Epilepsi refrektorik

Fokus bangkitan serangan epileptik pada beberapa bagian otak digambarkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Fokus daerah bangkitan penderita epilepsi (Uganda, 2014)

## 2.2 Diagnosis Epilepsi

Salah satu masalah dalam penanganan epilepsi adalah menentukan dengan pasti diagnosis epilepsi sehingga sebelum pengobatan dimulai diagnosis epilepsi harus ditegakkan terlebih dahulu (Mardjono, 2003). Diagnosis dan pengobatan epilepsi tidak dapat dipisahkan sebab pengobatan yang sesuai dan tepat hanya dapat

dilakukan dengan diagnosis epilepsi yang tepat pula (Oguni, 2004). Ada 4 cara dokter dalam mendiagnosis kelainan epilepsi antara lain, riwayat kejang (anamnesis), tes fisik, *elektroencephalograph* (EEG), dan pemeriksaan tambahan berupa pencitraan otak (Ahmed dkk, 2004).

### **2.2.1 Anamnesis**

Anamnesis harus dilakukan secara cermat, rinci dan menyeluruh. Penjelasan perihal segala sesuatu yang terjadi sebelum, selama dan sesudah serangan (meliputi gejala dan lamanya serangan) merupakan informasi yang sangat berarti dan merupakan kunci diagnosis (Raharjo, 2007). Dengan kata lain, anamnesis merupakan prosedur wawancara kepada si penderita termasuk saksi mata yang melihat kejadian saat bangkitan epileptik sehingga diperoleh informasi secara rinci dan detail dari keadaan sebenarnya pada saat terjadi serang epileptik.

### **2.2.2 Pemeriksaan Fisik Umum dan Neurologis**

Pemeriksaan fisik harus menepis sebab-sebab terjadinya serangan dengan menggunakan umur dan riwayat penyakit sebagai pegangan. Pada pasien anak, pemeriksaan harus memerhatikan adanya keterlambatan perkembangan organomegali, dan perbedaan ukuran antara anggota tubuh dapat menunjukkan awal gangguan pertumbuhan otak unilateral (Raharjo, 2007).

### **2.2.3 Pemeriksaan Penunjang**

#### **1) Pemeriksaan laboratorium**

Perlu diperiksa kadar glukosa, kalsium, magnesium, natrium, bilirubin, dan ureum dalam darah. Keadaan seperti hiponatremia, hipoglikemia, hipomagnesia, uremia, dan hepatic ensefalopati dapat mencetuskan

timbulnya serangan kejang. Pemeriksaan serum elektrolit bersama dengan glukosa, kalsium, magnesium, *Blood Urea Nitrogen*, kreatini dan test hepar mungkin dapat memberikan petunjuk yang sangat berguna (Sunaryo, 2007).

## 2) *Elektroencephalograph* (EEG)

*Elektroencephalograph* ialah alat yang dapat merekam aktifitas listrik di otak melalui elektroda yang ditempatkan di kulit kepala. Kelainan EEG yang sering dijumpai pada penderita epilepsi disebut *epileptiform discharge* atau *epileptiform activity*. Pemeriksaan EEG harus dilakukan pada semua pasien epilepsi dan merupakan pemeriksaan penunjang yang paling sering dilakukan untuk menegakkan diagnosis epilepsi (Hasan, 2007).

Adanya kelainan fokal pada EEG menunjukkan kemungkinan adanya lesi struktural di otak, sedangkan adanya kelainan umum pada EEG menunjukkan kemungkinan adanya kelainan genetik atau metabolik (Raharjo, 2007).

## 3) Rekaman video EEG

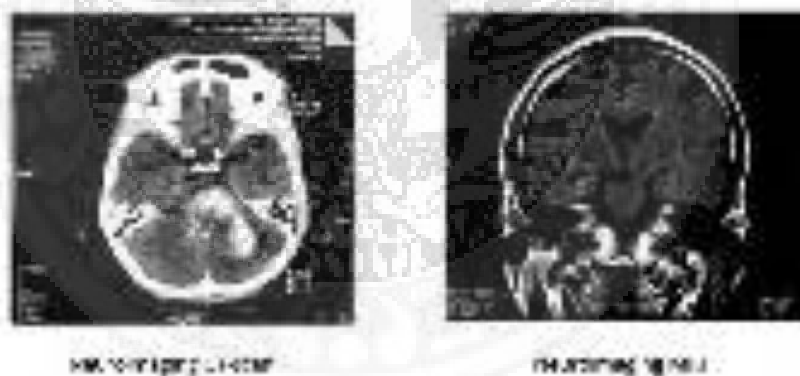
Pemeriksaan video EEG ini berhasil membedakan apakah serangan kejang karena epilepsi atau bukan dan biasanya selama perekaman dilakukan secara terus-menerus dalam waktu 72 jam, sekitar 50-70% dari hasil rekaman dapat menunjukkan gambaran serangan kejang epilepsi (Sunaryo, 2007).

## 4) Pemeriksaan Radiologi

CT-scan (*Computed Tomography Scan*) kepala dan MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) kepala merupakan pemeriksaan yang dikenal dengan

istilah *neuroimaging* yang bertujuan untuk melihat apakah ada atau tidaknya kelainan struktural di otak dan melengkapi data EEG.

CT-scan kepala ini dilakukan bila pada MRI ada kontra indikasi, namun demikian pemeriksaan MRI kepala ini merupakan prosedur pencitraan otak pilihan untuk epilepsi dengan sensitivitas tinggi dan lebih spesifik dibanding dengan CT-scan. Oleh karena dapat mendeteksi lesi kecil di otak, sklerosis hipokampus, disgenesis kortikal, tumor dan hemangioma kavernosa, maupun epilepsi refrakter yang sangat mungkin dilakukan terapi pembedahan. MRI bermanfaat untuk membandingkan hipokampus kanan dan kiri (Sunaryo, 2007). Perbedaan hasil citra antara CT-scan dan MRI dapat terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pencitraan neuroimaging epilepsi (Alam-Eldeen dkk, 2015)

Berdasarkan penggambaran citra pada Gambar 2.2, dapat kita lihat bahwa hasil citra MRI memiliki keunggulan lebih jelas daripada citra CT-scan karena penggambaran bagian jaringan-jaringan lunak yang detail, sehingga dapat dibedakan dengan jelas antara dua jaringan yang berbeda pada letak yang berdekatan. Hal ini menunjukkan bahwa MRI lebih sensitif dalam penggambaran suatu kelainan karena prinsip pencitraan MRI bergantung

pada waktu relaksasi komponen atom hidrogen yang terkandung dalam suatu jaringan. Sedangkan setiap jaringan memiliki lama waktu relaksasi masing-masing sesuai dengan atom hidrogen yang terkandung.

Jika dibandingkan dengan CT-scan, yang menggunakan prinsip daya penyerapan radiasi dari masing-masing jaringan kurang sensitif dalam membedakan dua jaringan lunak yang hampir memiliki daya adsropsi mirip. Oleh karena itu, hasil citra dengan CT-scan tidak mampu menggambarkan secara jelas perbedaan yang terjadi karena beberapa jaringan lunak dalam otak memiliki daya adsropsi radiasi yang hampir sama, sehingga jika jaringan tersebut berdekatan akan tergambar mirip.

## 2.3 MRI

### 2.3.1 Definisi

*Magnetic Resonance Imaging* (MRI) adalah suatu teknik pencitraan penampang tubuh berdasarkan prinsip resonansi magnetik inti atom hidrogen akibat pemberian sinyal radio frekuensi (RF) yang memiliki frekuensi sesuai dengan frekuensi presesi (*lanmor frequency*) (Westbrook dkk, 2011). Ketika pemberian RF dihentikan maka atom hidrogen tubuh akan mengalami relaksasi atau kembali ke posisi semula (*recovery*), melepaskan energi yang diserap, dan menimbulkan sinyal yang akan diproses menjadi citra.

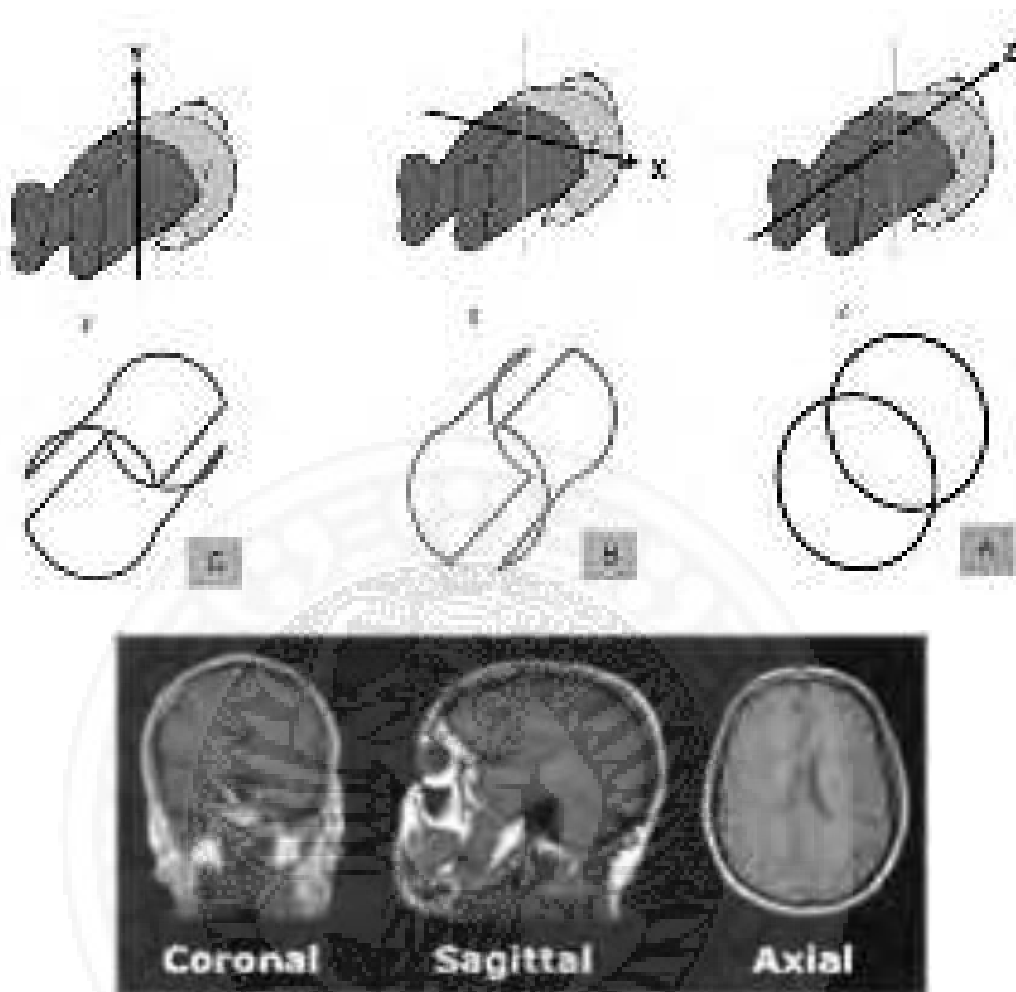
*Magnetic Resonance Imaging* (MRI) merupakan salah satu cara pemeriksaan diagnostik dalam ilmu kedokteran, khususnya radiologi yang menghasilkan gambaran potongan tubuh manusia dengan menggunakan medan magnet tanpa menggunakan sinar X (Rasad, 2005). Prinsip dasar *Magnetic*

*Resonance Imaging* (MRI) adalah inti atom hidrogen yang bergetar dalam pengaruh medan magnet. Prinsip ini pertama kali ditemukan oleh Blonch, dkk dan Purcell, dkk pada tahun 1946.

Komponen dasar dari pesawat MRI yaitu, magnet superkonduktor, gradien *coil*, RF *coil*, dan sistem komputer. Magnet yang digunakan dalam pesawat MRI ini merupakan magnet dengan tipe superkonduktor. Magnet superkonduktor, seperti yang kita ketahui dihasilkan dari adanya arus listrik yang mengalir dengan nilai hambatan 0 atau dengan kata lain tidak memiliki hambatan. Oleh karena itu, medan magnet yang ditimbulkan mampu terjaga kekuatannya untuk mengganggu spin magnetik atom hidrogen dalam tubuh.

Komponen penunjang MRI yang lainnya adalah gradien *coil* yang berperan dalam kebutuhan arah irisan penampang tubuh yang akan diperiksa. Terdapat 3 komponen gradien *coil* yaitu, gradien X untuk perpotongan sagital, gradien Y untuk perpotongan koronal dan gradien Z untuk perpotongan aksial. Gambar 2.3 menunjukkan MRI memiliki kemampuan melakukan beberapa variasi irisan atau perpotongan baik sagital, koronal, aksial maupun oblik (variasi ketiganya) untuk menghasilkan pencitraan penampang tubuh yang diinginkan.





Gambar 2.3 Variasi perpotongan penampang tubuh pada MRI (Blink, 2004)

Proses pencitraan pada MRI adalah berdasarkan dari fenomena resonansi dan relaksasi inti atom hidrogen. Fenomena resonansi dan relaksasi ini, ditunjang dengan adanya komponen RF coil. RF coil memiliki dua peranan yaitu, sebagai *transmitter* (pemancar) sinyal gelombang radio frekuensi untuk terjadinya fenomena resonansi dan sebagai *receiver* (penerima) sinyal gelombang radio frekuensi saat terjadinya fenomena relaksasi ketika gelombang radio frekuensi dihentikan. Teknik pencitraan MRI relatif kompleks karena gambar yang dihasilkan bergantung pada banyak parameter. Apabila pemilihan parameternya tepat, maka

kualitas gambar detail tubuh manusia akan tampak jelas, sehingga anatomi maupun patologi jaringan tubuh dapat dievaluasi secara teliti (Notosiswoyo dkk, 2004). Oleh karena itu, pengaturan parameter-parameter yang menunjang atau dibutuhkan dalam pemeriksaan MRI diatur pada sistem komputer yang tersedia.

MRI mulai ramai dipergunakan di beberapa rumah sakit besar pada akhir tahun 1982. Metode ini digunakan karena tubuh manusia mempunyai konsentrasi atom hidrogen yang cukup tinggi sekitar 70%. Untuk menghasilkan sebuah pencitraan dari proton, diperlukan minimum medan magnet sebesar 0,064 Tesla. Semakin besar nilai medan magnet, maka pencitraan yang dihasilkan juga semakin jelas dan detail. Oleh karena itu, pada saat ini *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) yang dipergunakan dalam pemeriksaan memiliki medan magnet sebesar 0,064 T sampai 3 Tesla (Bontrager dkk, 2001).

### 2.3.2 Prinsip Dasar MRI

Prinsip dasar *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) mengacu pada inti atom hidrogen yang merupakan kandungan inti terbanyak dan memiliki konsentrasi tertinggi dalam jaringan tubuh. Pada prinsip inilah citra yang dihasilkan didasarkan pada deteksi dari kerelatifan kandungan air pada suatu jaringan. Atom hidrogen yang memiliki nomor atom ganjil dan pada intinya terdapat satu proton memiliki perilaku yang hampir mirip dengan magnet dan melakukan gerakan berputar secara acak (*spinning*) di dalam tubuh.

Ketika diberikan medan magnet yang cukup kuat, maka arah proton akan sejajar dengan medan magnet yang memengaruhi dan menghasilkan jaringan magnetisasi. Jaringan magnetisasi ini apabila dikenakan gelombang radio yang

memiliki frekuensi sesuai dengan frekuensi perputaran inti atom hidrogen tersebut secara tegak lurus, maka proton yang masih dipengaruhi medan magnet akan beresonansi secara periodik. Melakukan penangkapan energi sehingga terjadi fenomena transisi inti atom. Kemudian ketika gelombang radio frekuensi dihentikan, maka proton tubuh akan bergetar kembali ke posisi semula dan akan melepas energi yang diserap dari gelombang radio frekuensi tersebut sehingga menghasilkan sinyal elektrik. Sinyal elektrik yang dihasilkan merupakan akibat dari pelepasan energi berupa gelombang elektromagnetik yang disebut sebagai *MRI signal* karena terjadinya proses relaksasi proton hidrogen. Ketika hal ini terjadi, sinyal elektrik yang dihasilkan akan diterima oleh penangkap sinyal (*coil receiver*) kemudian diproses dalam bentuk sinyal tegangan (*voltage*) sehingga menghasilkan nyala pada piksel-piksel untuk dapat mendemonstrasikan citra suatu jaringan.

Pada proses relaksasi proton hidrogen inilah yang memengaruhi produksi suatu citra MRI. Pengaturan waktu lamanya proses relaksasi atom hidrogen dapat membantu untuk menghasilkan citra MRI yang diinginkan. Citra yang diinginkan memiliki fungsi dalam kebutuhan penegakkan adanya suatu kelainan atau penegakkan dari diagnosis dokter. Oleh karena itu, pengaturan waktu lamanya proses relaksasi atom hidrogen dapat menjadi parameter untuk menentukan kualitas citra MRI. Prinsip dasar pencitraan MRI:

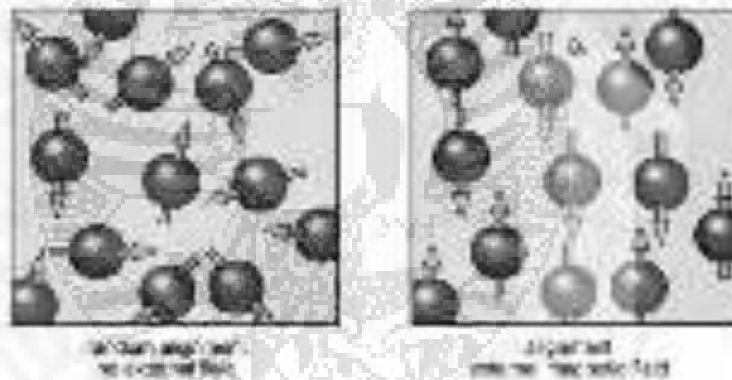
a. *Spinning*

*Spinning* merupakan gerakan berputar suatu atom yang berotasi pada sumbunya sehingga menghasilkan momen dipol magnetik yang disebut spin. Atom yang mendominasi jaringan tubuh adalah atom hidrogen yang

mempunyai 1 muatan proton. Setiap atom hidrogen dalam tubuh mempunyai momen dipol magnetik ( $M$ ) masing-masing yang berotasi pada sumbunya dengan momen angular ( $A$ ) berbagai arah secara acak (Westbrook dkk, 2011). Arah orientasi spin proton yang acak ini tidak menghasilkan jaringan magnetisasi karena saling melemahkan dari adanya momen dipol magnetik yang terjadi, sehingga akan mengalami kendala dalam merangsang timbulnya MRI *signal*.

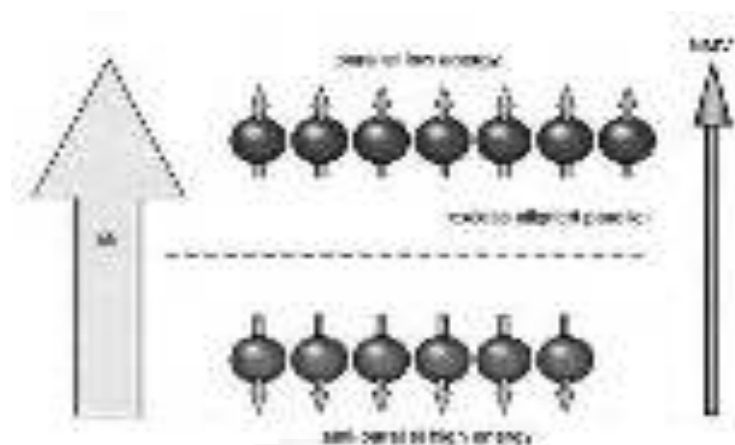
$$M = \gamma A \quad (2.1)$$

Spinning atom hidrogen tubuh dapat digambarkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Momen dipol proton terpengaruh medan magnet (Westbrook dkk, 2011)

Ketika dipengaruhi oleh adanya medan magnet eksternal yang cukup kuat, adanya momen dipol magnetik ini menjadikan atom hidrogen pada suatu jaringan bersifat magnet sehingga mampu membentuk jaringan magnetisasi. Pada jaringan yang mengalami magnetisasi ini terjadi dua arah vektor magnetisasi dari akibat medan magnet luar yang memengaruhi atom hidrogen tubuh digambarkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Arah vektor magnetisasi proton atom hidrogen (Westbrook dkk, 2011)

b. Presesi

Pada keadaan normal, arah *spinning* proton atom hidrogen adalah acak (random). Pada keadaan ini tidak menimbulkan magnetisasi atau dengan kata lain, magnetisasi sama dengan nol. Jika *spinning* proton diletakkan dalam medan magnet luar yang sangat kuat maka dipol magnetik akan sejajar dengan arah medan magnet eksternal yang diberikan dan mengalami fenomena presesi. Fenomena presesi ini terjadi karena adanya jaringan yang mengalami magnetisasi. (Berglund, 2011).

$$\tau = \mathbf{M} \times \mathbf{B}_0 \quad (2.2)$$

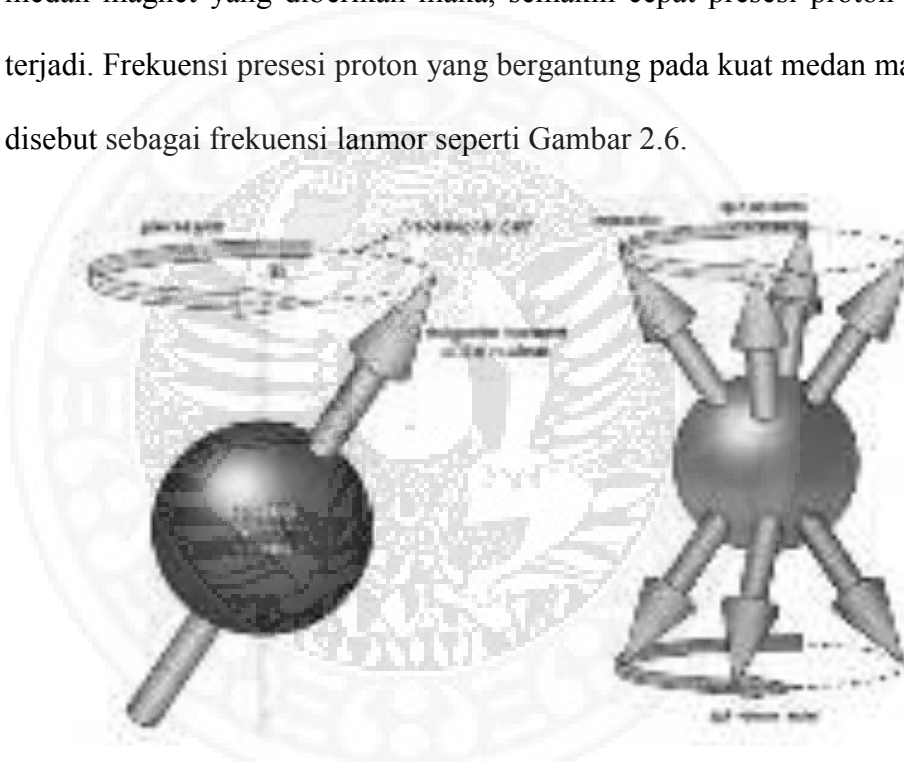
Keadaan presesi yaitu, pergerakan spin proton berputar disekitar medan magnet yang memengaruhi dan memiliki momentum angular tertentu yang berangsur-angsur berubah sejajar dengan arah medan magnet. Selain itu, keadaan presesi juga menjadi awal mula proses pembentukan MRI *signal*.

$$\frac{d\mathbf{A}}{dt} = \tau \quad (2.3)$$

Sehingga diperoleh laju perubahan momen magnetik berpresesi dengan medan magnet luar.

$$\frac{d\mathbf{M}}{dt} = \gamma(\mathbf{M} \times \mathbf{B}_0) \quad (2.4)$$

Kecepatan atau frekuensi presesi atom hidrogen tergantung pada kuat medan magnet yang diberikan pada jaringan tersebut. Semakin besar kuat medan magnet yang diberikan maka, semakin cepat presesi proton yang terjadi. Frekuensi presesi proton yang bergantung pada kuat medan magnet disebut sebagai frekuensi lanmor seperti Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Presesi proton atom hidrogen akibat pengaruh medan magnet luar (Westbrook dkk, 2011)

Persamaan frekuensi lanmor yang berlaku yaitu:

$$\omega_0 = \mathbf{B}_0 \times \gamma \quad (2.5)$$

Keterangan:

$\omega_0$  = frekuensi lanmor

$B_0$  = kuat medan magnet

$\gamma$  = koefisien *gyromagnetic*

Koefisien *gyromagnetic* untuk atom hidrogen adalah  $42,57 \text{ MHz/T}$  dan menghasilkan frekuensi presesi lanmor yang berbeda-beda untuk setiap kuat medan magnet eksternal yang diberikan.

### c. Resonansi

Fenomena resonansi terjadi apabila pada proton diberikan gangguan berupa gelombang radio yang mempunyai frekuensi sama dengan frekuensi presesi lanmor proton. Pengaplikasian gelombang radio (RF) menyebabkan terjadinya fenomena resonansi vektor magnetisasi yang semula berotasi pada bidang longitudinal ( $M_z$ ) menjadi ke arah bidang transversal ( $M_{xy}$ ) dengan simpangan sudut sebesar  $90^\circ$  akibat terjadinya transisi energi atom. Penggambaran fenomena resonansi atom hidrogen akibat gelombang RF seperti Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Resonansi proton atom hidrogen pengaruh gelombang RF (Westbrook dkk, 2011)

Fenomena terpenting pada pencitraan MRI adalah terjadinya peristiwa resonansi magnetik dari *spinning* proton yang mengalami presesi ketika berada pada medan magnet luar yang sangat kuat. Syarat menimbulkan fenomena resonansi magnetik ini adalah dengan menggunakan pulsa RF

(dipancarkan oleh suatu *coil transmitter*) yang memiliki frekuensi sama dengan frekuensi lanmor perputaran proton atom hidrogen tubuh. Pemilihan menggunakan gelombang radio karena gelombang radio memiliki pita energi yang sejajar dengan pita energi spin proton hidrogen (Westbrook, 2011). Persamaan pemberian gelombang radio frekuensi untuk memperkuat sinyal magnetik yang terjadi: (Berglund, 2011)

$$\frac{d\mathbf{M}}{dt} = \gamma \mathbf{M} \times (\mathbf{B}_0 + \mathbf{B}_1) \quad (2.6)$$

Berdasarkan peristiwa ini, MRI *signal* yang diperoleh sebelumnya pada fenomena presesi akan mengalami penambahan energi akibat terjadinya transisi inti atom hidrogen. Penambahan energi ini akan memperkuat MRI *signal* pada jaringan magnetisasi dan akan merubah arah induksi magnet menjadi tegak lurus terhadap arah medan magnet dan menghasilkan magnetisasi transversal. Perubahan arah magnetisasi ke bidang transversal ini menjadikan MRI *signal* mudah terdeteksi dalam bentuk gelombang elektromagnetik ketika fase pemberhentian pancaran gelombang radio. Ketika gelombang RF dihentikan maka akan diperoleh sinyal yang dipancarkan proton atom hidrogen tubuh yang kemudian ditangkap oleh *coil receiver* dan selanjutnya sinyal ini akan diproses oleh komputer menjadi sebuah citra (Westbrook dkk, 2011).

#### d. Relaksasi

Pelepasan energi proton hidrogen yang terjadi pada bidang transversal akan menginduksi sinyal dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang akan diterima oleh antena penerima sinyal (*coil receiver*) pada komponen



MRI. Pada fase resonansi sebelumnya telah dijelaskan bahwa sinyal RF yang dikenakan pada atom hidrogen akan memberikan energi pada proton untuk bertransisi dari kulit awalnya. Fase relaksasi terjadi ketika pemberian gelombang RF dihentikan.

$$\frac{d\mathbf{M}}{dt} = \gamma \mathbf{M} \times \mathbf{B}_0 + \begin{pmatrix} -M_x/T_2 \\ -M_y/T_2 \\ (M_0 - M_z)/T_1 \end{pmatrix} \quad (2.7)$$

Pada fase ini, ketika RF dihentikan proton dalam tubuh akan kehilangan energi dan akan kembali ke keadaan semula (keadaan stabil) secara perlahan dengan melepaskan energi yang diterima dari pemberian gelombang RF pada saat resonansi. Pelepasan energi dilakukan untuk memperoleh keadaan stabil proton hidrogen dengan meninggalkan bidang transversal dan menuju bidang longitudinal.

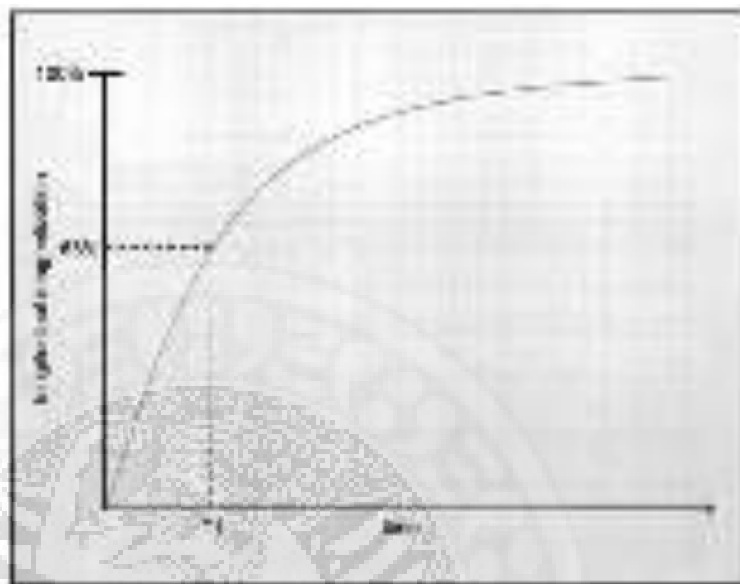
Sinyal energi yang dilepaskan akan ditangkap oleh *coil receiver* yang terdapat pada komponen MRI dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang dikenal dengan MRI *signal*. Fase inilah yang disebut sebagai fase relaksasi, dimana ada dua fenomena relaksasi yang terjadi, yakni:

1) Relaksasi T1 *recovery*

Ketika pemberian pulsa RF dihentikan, vektor magnetisasi akan bergerak menuju ke bidang longitudinal. Masing-masing komponen magnetisasi mengalami relaksasi secara bebas. Seiring dengan itu, maka nilai magnetisasi longitudinal ( $M_z$ ) akan muncul kembali dan bertambah, tetapi nilai komponen magnetisasi transversal ( $M_{xy}$ ) semakin berkurang.

$$M_z(t) = M_0 \left(1 - e^{-t/T_1}\right) \quad (2.8)$$

Penggambaran kurva proses *recovery* atom hidrogen pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Kurva fenomena *T1 recovery* (Westbrook dkk, 2011)

Waktu yang dibutuhkan proton atom hidrogen untuk kembali sebesar 63% ke arah magnetisasi bidang longitudinal disebut sebagai waktu relaksasi longitudinal atau *T1*.

## 2) Relaksasi *T2 decay*

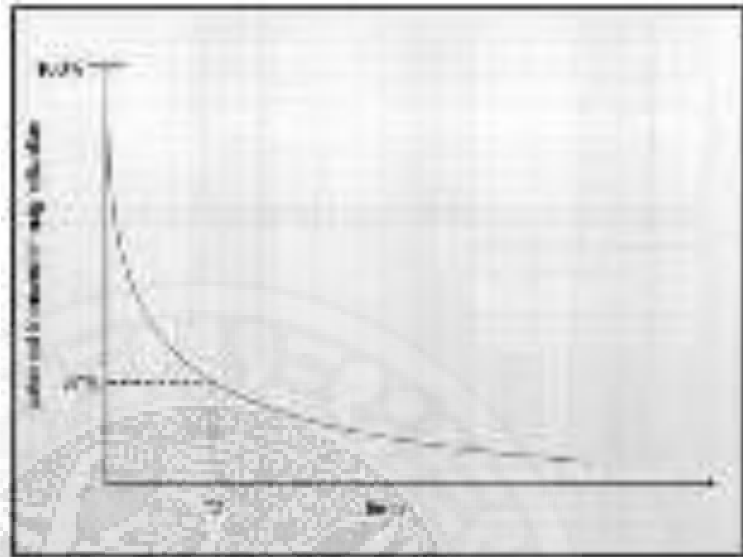
*T2 decay* disebabkan oleh pertukaran energi inti-inti atom dengan atom lainnya. Pertukaran energi ini disebabkan oleh interaksi medan magnet tiap inti atom. Proses ini dinamakan spin relaksasi dan menghasilkan *decay* atau hilangnya magnetisasi pada bidang transversal ( $M_{xy}$ ).

$$M_{xy}(t) = M_0 e^{-t/T_2} \quad (2.9)$$

Sama halnya dengan *T1*, waktu relaksasi *T2* adalah waktu yang konstan

pada saat 37% magnetisasi pada bidang transversal hilang.

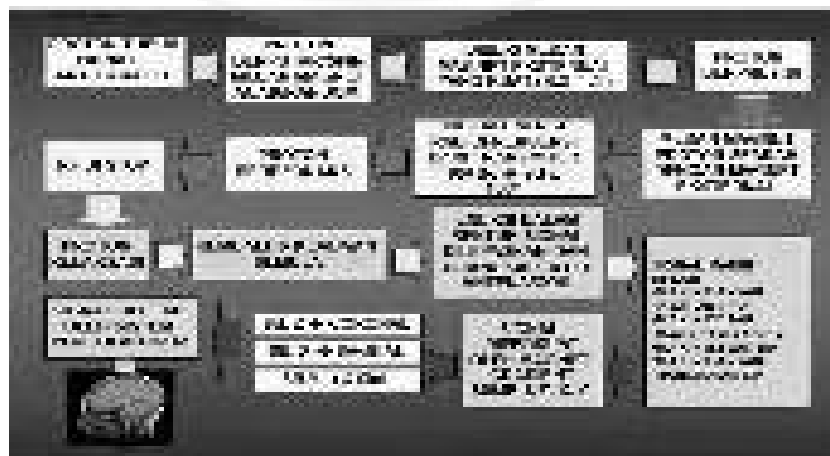
Penggambaran kurva proses *decay* atom hidrogen pada Gambar 2.9.



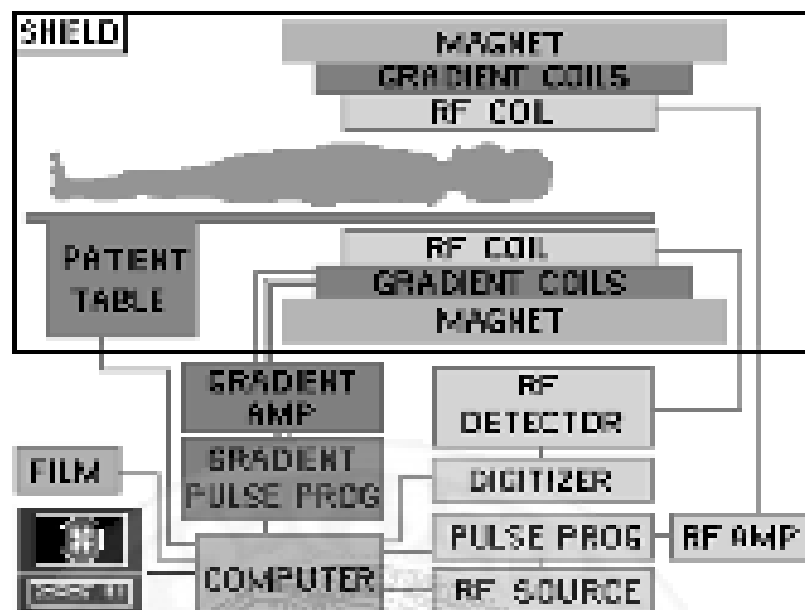
Gambar 2.9 Kurva fenomena T2 *decay* (Westbrook dkk, 2011)

Dengan kata lain, waktu yang dibutuhkan komponen magnetisasi pada bidang transversal untuk meluruh hingga sebesar 37% dari nilai awalnya disebut waktu relaksasi transversal atau T2.

Secara garis besar, prinsip dasar *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) dapat ditunjukkan pada Gambar 2.10 dan Gambar 2.11.



Gambar 2.10 Diagram alir prinsip kerja diagnostik MRI (Brown dkk, 2004)



Gambar 2.11 Ilustrasi dari prinsip dasar diagnostik MRI (Brown dkk, 2004)

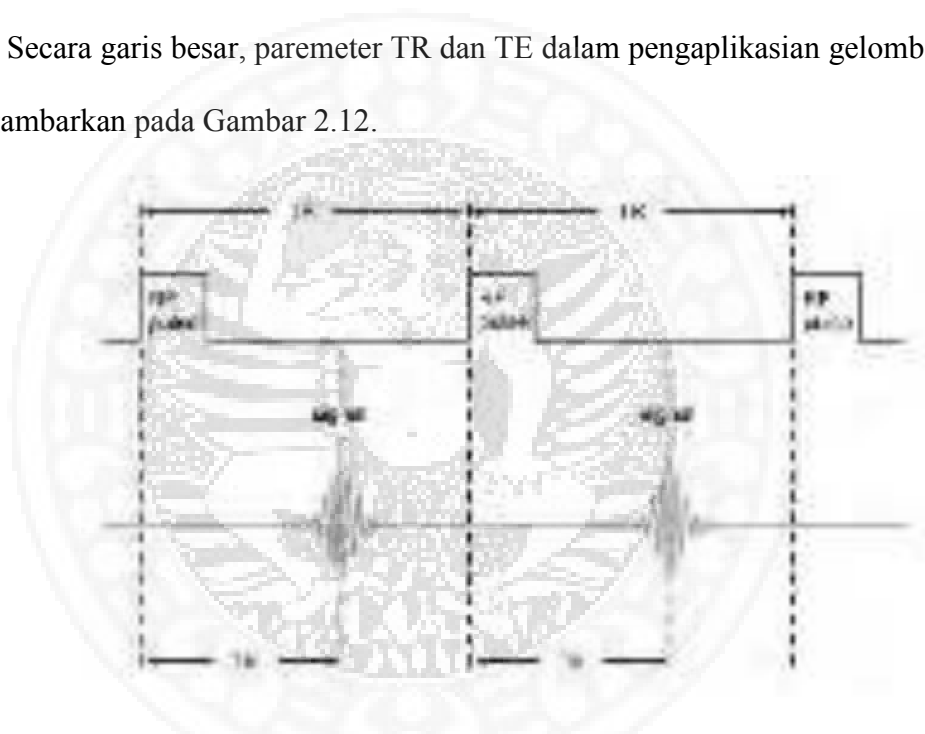
## 2.4 Parameter Citra MRI

Perbedaan citra antara terang dan gelap inilah yang disebut sebagai kontras pencitraan yang berkemampuan untuk melihat variasi tipe dari jaringan yang normal dan abnormal. Penggunaan parameter waktu relaksasi atom hidrogen yang benar memberikan hasil citra dengan kontras yang baik sebagai perbandingan untuk merinci suatu perbedaan atau kelainan. Hanya ada dua faktor parameter waktu dasar yang berperan langsung dalam mengontrol lamanya terjadinya relaksasi untuk merekonstruksi perbedaan kontras jaringan suatu pencitraan MRI yaitu, TR (*time repetition*) dan TE (*time echo*).

- a. TR (*time repetition*) merupakan waktu pengulangan antara pulsa RF 90° yang sebelumnya dengan berikutnya. TR ditentukan dari jumlah relaksasi yang diperbolehkan terjadi antara pulsa RF selanjutnya. Dengan kata lain, TR ditentukan dari jumlah relaksasi T1 yang telah terjadi (Westbrook dkk, 2011).

- b. TE (*time echo*) merupakan waktu tengah antar pulsa RF  $90^\circ$  untuk mencatat atau menangkap sinyal akibat pelepasan energi RF. TE ditentukan dari berapa banyak pelepasan energi bidang magnetisasi transversal yang diperbolehkan terjadi sebelum sinyal terbaca. Dengan kata lain, TE dikontrol oleh jumlah relaksasi T2 yang telah terjadi (Westbrook dkk, 2011).

Secara garis besar, parameter TR dan TE dalam pengaplikasian gelombang RF digambarkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Parameter pulsa sekuen dasar pencitraan MRI TR (*time repetition*) dan TE (*time echo*) (Westbrook dkk, 2011)

#### 2.4.1 Pembobotan Citra

Hasil pencitraan akan memiliki kontras apabila ada perbedaan intensitas sinyal yang ditangkap. Sinyal tinggi akan memberikan hasil pencitraan yang terang (hiperintens) sedangkan sinyal rendah akan menghasilkan warna gelap (hipointens) dan beberapa bagian ada yang intermediate (isointens). Jaringan tampak terang jika memiliki komponen magnetisasi transversal yang besar, sehingga amplitudo sinyal

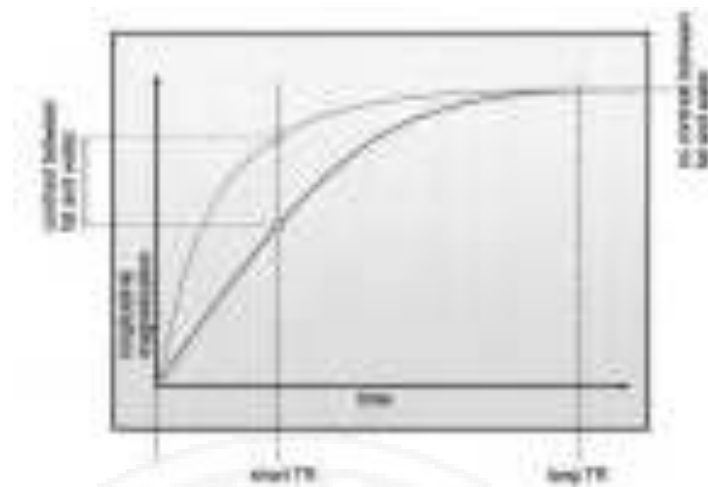
yang diterima koil besar pula. Begitu juga sebaliknya, jaringan yang memiliki komponen magnetisasi transversal yang kecil akan nampak gelap (Westbrook dkk, 2011).

#### 2.4.1.1 Pembobotan T1

Waktu T1 adalah waktu relaksasi yang diperlukan untuk *recovery* (pemulihan) hingga 63% dan dikontrol oleh TR. Karena TR mengontrol seberapa jauh vektor dapat *recovery* sebelum pengaplikasian pulsa RF berikutnya, maka untuk mendapatkan pembobotan T1, TR harus diatur dengan durasi pendek sehingga baik lemak maupun air tidak cukup waktu untuk kembali ke pengaruh medan magnet luar ( $B_0$ ), sehingga kontras lemak dan air dapat divisualisasi dengan baik. Jika TR panjang, lemak dan air akan cukup waktu untuk kembali (*recovery*) ke bidang magnetisasi longitudinal secara penuh sehingga tidak bisa mendemonstrasikan pencitraan dari keduanya.

Atom hidrogen pada jaringan yang berbeda dalam tubuh manusia mempunyai karakteristik intrinsik berupa T1 yang berbeda pula. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan lingkungan makro molekularnya. T1 yang disebut juga waktu relaksasi longitudinal atau *spin-lattice* (Bontrager dkk, 2001) didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan untuk kembalinya 63% magnetisasi sepanjang sumbu longitudinal setelah pemberian pulsa RF  $90^\circ$  (Bushberg, 2002).

Sebagai pengontrol kontras dengan karakteristik *image* T1 dapat digunakan *short* TR dan TE (Westbrook dkk, 2011). Karakteristik *image* T1 adalah lemak nampak terang, sedangkan air nampak gelap. Pada Gambar 2.13 adalah penggambaran kurva *recovery* antara lemak dan air *image* T1 bidang longitudinal.



Gambar 2.13 Kurva perbedaan lemak dan air pembobotan T1 (Westbrook dkk, 2011)

Hasil citra karakteristik *image* T1, digambarkan pada Gambar 2.14.



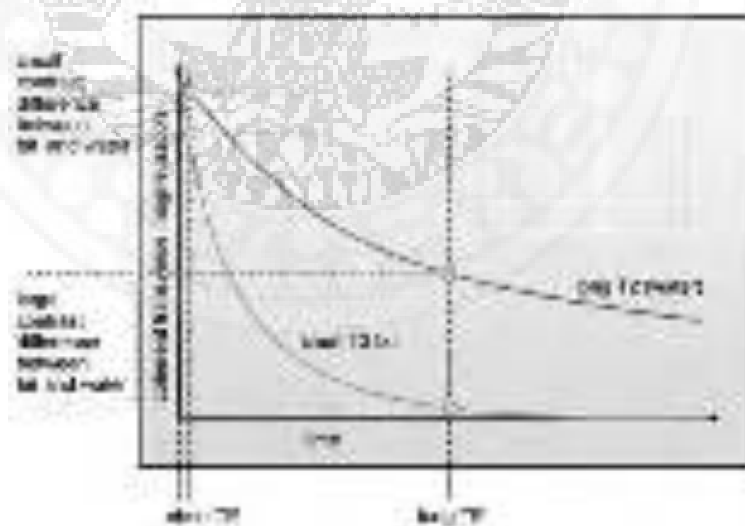
Gambar 2.14 Hasil pencitraan T1 *weighted* (McRobbie dkk, 2006)

#### 2.4.1.2 Pembobotan T2

Waktu T2 adalah waktu relaksasi yang diperlukan untuk *decay* hingga 37% dan dikontrol oleh TE. Karena TE mengontrol seberapa besar vektor dapat *decay* sebelum pengaplikasian pulsa RF berikutnya, maka untuk mendapatkan pembobotan T2, TE harus diatur dengan durasi panjang untuk memberikan

kesempatan lemak dan air *decay* (melepas energi) sehingga kontras lemak dan air dapat tervisualisasi dengan baik. Jika TE terlalu pendek maka baik lemak dan air tidak punya waktu untuk *decay* sehingga kontras citra dari keduanya tidak terbentuk.

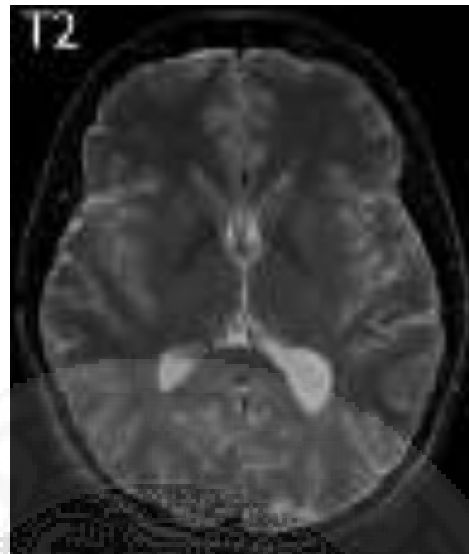
Sebagaimana T1, jaringan yang berbeda dalam tubuh manusia mempunyai nilai karakteristik instrinsik berupa T2 yang berbeda pula. T2 disebut sebagai waktu relaksasi transversal atau *spin-spin* (Bontrager dkk, 2001). Sebagai pengontrol kontras dengan karakteristik *image* T2 dapat digunakan *long* TR dan TE (Westbrook dkk, 2011). Karakteristik *image* T2 adalah lemak nampak gelap, sedangkan air nampak terang. Gambar 2.15 adalah penggambaran kurva decay antara lemak dan air *image* T2 bidang transversal.



Gambar 2.15 Kurva perbedaan lemak dan air pada pembobotan T2 (Westbrook dkk, 2011)



Hasil citra karakteristik *image* T2, digambarkan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Hasil pencitraan T2 *weighted* (McRobbie dkk, 2006)

Daftar nilai TR dan TE yang memengaruhi *image* dengan karakteristik T1 *weighted* dan *image* dengan karakteristik T2 *weighted* disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai TR dan TE (Westbrook dkk, 2011)

Nilai	Panjang	Pendek
TR	2000ms <sup>+</sup>	250-700ms
TE	60ms <sup>+</sup>	10-25ms

Fokus pencitraan pada MRI adalah untuk membedakan dua jaringan antara jaringan lemak dan jaringan air. Identifikasi dari suatu ketidaknormalan jaringan juga berdasarkan citra yang mampu memvisualisasikan komposisi atom penyusun dari jaringan yang mengalami kelainan tersebut dengan mengacu pada proses relaksasi yang terjadi. Adanya pembobotan citra T1 dan T2 menjadi penentu visualisasi atom lemak atau atom air yang menjadi atom penyusun suatu jaringan karena setiap atom memiliki waktu relaksasi masing-masing.

Berdasarkan Westbrook (2011), proses relaksasi atom lemak lebih cepat daripada proses relaksasi atom air. Oleh karena itu, pada pembobotan citra T1 dengan pengaturan parameter waktu relaksasi atom hidrogen TR dan TE rentang pendek memungkinkan atom lemak menghasilkan MRI *signal* jaringan yang cukup kuat karena proses relaksasi sudah terpenuhi sehingga MRI *signal* yang tertangkap cukup banyak, sedangkan atom air menghasilkan MRI *signal* jaringan yang lemah karena proses relaksasi masih berjalan sehingga MRI *signal* masih sedikit untuk ditangkap oleh *coil receiver*.

Berbeda dengan pembobotan T2 dengan pengaturan parameter waktu relaksasi atom hidrogen TR dan TE rentang panjang mengakibatkan atom lemak menghasilkan MRI *signal* jaringan yang lemah karena proses relaksasi telah terlewati sehingga MRI *signal* yang tertangkap sedikit, sedangkan atom air menghasilkan MRI *signal* jaringan yang cukup kuat karena proses relaksasi sudah terpenuhi sehingga MRI *signal* cukup banyak untuk ditangkap oleh *coil receiver*. Kuat dan lemahnya atau banyak sedikitnya MRI *signal* yang tertangkap oleh *coil receiver* memengaruhi tegangan yang dihasilkan untuk nyala piksel-piksel dalam proses rekonstruksi citra. Selain parameter dasar waktu relaksasi atom hidrogen TR dan TE, adanya pengaturan parameter lain yang juga mampu memengaruhi hasil citra MRI, yaitu parameter pulsa sekuen. Pengaturan pulsa sekuen akan memengaruhi waktu relaksasi atom hidrogen jaringan sehingga secara otomatis akan memengaruhi produksi MRI *signal*. Pada penelitian kali ini, menerapkan parameter pulsa sekuen *Inversion Recovery* (IR) untuk menghasilkan kualitas citra yang lebih baik dalam pemeriksaan MRI kepala.

### 2.4.2 *Sequence Pulse Inversion Recovery (IR)*

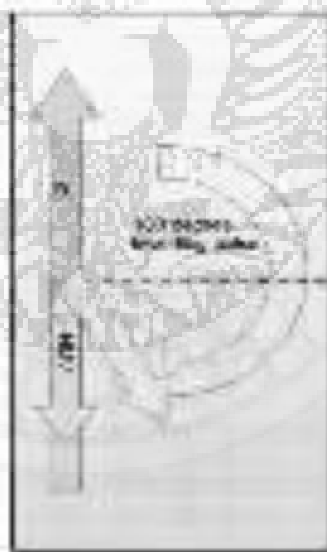
*Sequence Pulse* adalah pengaturan pemilihan gelombang radio frekuensi dan pulsa gradien yang tepat. Biasanya berulang beberapa kali selama *scanning* dengan interval waktu antara pulsa dan amplitudo gelombang gradien dikontrol oleh penerima sinyal. Pulsa sekuen memiliki pengaruh besar terhadap hasil pencitraan.

Salah satu pulsa sekuen yang memberikan hasil kontras yang baik untuk membedakan antara lemak dan air adalah *Inversion Recovery (IR)*. Pulsa sekuen IR ini digunakan untuk memberikan informasi detail kelainan anatomi tubuh pada pembobotan T1. Citra dengan menerapkan sekuen pulsa *Inversion Recovery* merupakan sekuen pulsa penginversi 180° yang menghasilkan perbedaan kontras yang jelas antara lemak dan air karena saturasi penuh dari vektor lemak dan air telah tercapai pada permulaan setiap repetisi akibat pengaturan lamanya waktu relaksasi masing-masing jaringan lunak untuk kembali ke posisi semula. Sehingga sekuen pulsa IR menghasilkan T1 *wighted* yang lebih berat daripada *spin echo* konvensional yang umum digunakan. Sekuen pulsa IR memperbesar sinyal dari struktur-struktur yang hiperintens sebagai hasil dari injeksi kontras.

Waktu antara pulsa penginversi 180° yang pertama dengan pulsa 90° dikenal sebagai *time from inversion (TI)*. Variasi nilai *time inversion* dapat mengontrol waktu relaksasi sinyal jaringan-jaringan lunak yang berbeda sehingga menghasilkan perbedaan kontras yang sangat jelas (Westbrook dkk, 2011). Waktu pembalik (TI) memberikan pengaruh pada waktu relaksasi jaringan dalam penggambaran rekontruksi citra MRI. Waktu relaksasi atom hidrogen pada suatu jaringan akan memengaruhi amplitudo sinyal yang tertangkap oleh *coil receiver*

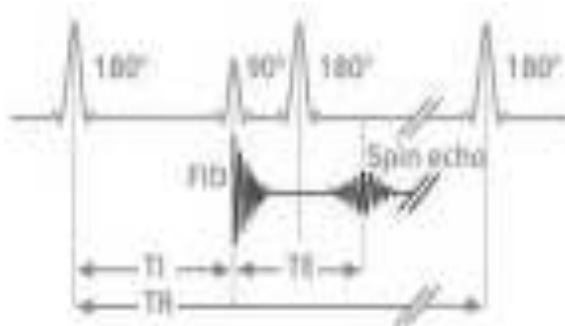
sehingga, pemberian sekuen IR dengan pengaturan waktu pembalik (TI) mengakibatkan jaringan mengalami proses relaksasi yang cukup bahkan lebih lama dan amplitudo sinyal yang tertangkap lebih banyak untuk menggambarkan intensitas nyala piksel-piksel dalam mendemonstrasikan jaringan tersebut.

Sekuen pulsa *Inversion Recovery* atau disebut juga pulsa dengan preparasi magnetisasi adalah sekuen pulsa Spin Echo (SE) yang dimulai dengan pulsa radio frekuensi (RF) pembalik  $180^\circ$  (Berglund, 2011). Jika arah medan magnet eksternal ( $B_0$ ) dituliskan sejajar sumbu Z, maka pulsa RF  $180^\circ$  menyebabkan magnetisasi dari inti atom Hidrogen ( $H$ ) berubah menjadi berlawanan terhadap arah ( $B_0$ ), yakni pada sumbu Z negatif dengan digambarkan pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Arah net-magnetisasi setelah diberi pulsa pembalik (Westbrook dkk, 2011)

Lama waktu setelah pemberian pulsa RF  $180^\circ$  dengan pulsa RF eksitasi  $90^\circ$  disebut *Time Inversion* (TI) digambarkan pada Gambar 2.18.

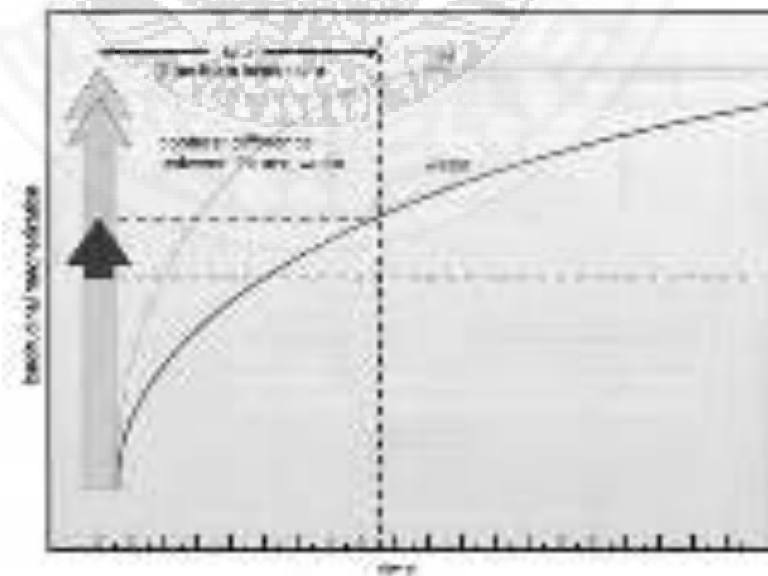


Gambar 2.18 Diagram sekuen pulsa *Inversion Recovery* (Berglund, 2011)

Relaksasi longitudinal atau relaksasi T1 akan terjadi setelah pulsa 180° dihentikan, sehingga menyebabkan magnetisasi secara perlahan kembali sejajar dengan  $B_0$  (Berglund, 2011).

$$M_z(t) = M_0 \left( 1 - 2e^{-T1/T_1} \right) \quad (2.10)$$

Proses kembali semula ke bidang longitudinal atom hidrogen setelah gelombang RF dihentikan digambarkan pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Pembobotan T1 pada *inversion recovery* (Westbrook dkk, 2011)

Pengaplikasian parameter citra MRI berupa sekuen pulsa *Inversion Recovery* (IR) mengakibatkan proses relaksasi pada atom-atom hidrogen jaringan tubuh, dimulai dari sumbu Z negatif berlawanan  $180^\circ$  dari keadaan semula atau keadaan stabil atom hidrogen tersebut sehingga, membutuhkan waktu relaksasi yang lama untuk kembali ke keadaan semula. Lama tidaknya waktu relaksasi yang terjadi ditentukan dengan pengaturan waktu pembalik (TI) saat penggunaan RF  $180^\circ$ . Penggunaan RF  $180^\circ$  mengakibatkan beberapa atom hidrogen pada jaringan yang tidak terdeteksi pada penggunaan RF  $90^\circ$  menjadi terdeteksi dengan munculnya MRI *signal*.

Pengaturan lama waktu pembalik (TI) akan memberikan kesempatan beberapa atom hidrogen jaringan tubuh untuk berelaksasi dan menghasilkan MRI *signal*. MRI *signal* dari beberapa atom hidrogen ini, akan memberikan tambahan amplitudo sinyal yang tertangkap oleh *coil receiver* sehingga akan menambah intensitas nyala piksel karena bertambahnya tegangan (voltase) atau sinyal. Banyak sedikitnya produksi MRI *signal* akan memengaruhi intensitas sinyal piksel dalam rekontruksi citra ditinjau dari kecerahan maupun kontras citra sehingga akan berpengaruh terhadap kualitas citra yang dihasilkan.

## 2.5 Parameter Kualitas Gambar MRI

Parameter kuantitas dalam penentuan kualitas hasil pencitraan MRI yaitu, *signal to noise ratio* (SNR) dan *contras to noise ratio* (CNR). Kedua parameter ini yang akan menilai suatu pencitraan merupakan pencitraan yang baik dan detail atau bukan. Perhitungan kuantitas suatu pencitraan dapat dianalisis dengan melakukan segmentasi dari hasil citra yang diperoleh. Metode segmentasi merupakan metode

yang membagi citra menjadi beberapa daerah *region of interest* (ROI) yang homogen atas dasar kemiripan (Priyawati, 2015). Definisi lain menyatakan bahwa segmentasi citra merupakan metode pembagian himpunan seluruh piksel citra ke dalam sebuah area atau bagian yang sama. Metode segmentasi ini bertujuan untuk melakukan proses analisa terhadap suatu citra yang diperoleh dengan merubah representasi gambar menjadi sesuatu yang lebih bermakna agar mudah dianalisa dalam memberikan informasi yang diinginkan.

Teknik ROI yang dilakukan tergolong teknik segmentasi semi-otomatis karena adanya interaksi antara *software* komputer pesawat MRI untuk memperoleh *mean* sinyal piksel dan juga pengguna atau operator untuk menganalisis data yang diperoleh. ROI sendiri merupakan teknik untuk memilih area atau jaringan yang akan dianalisis intensitas sinyal *pixel-pixel* penyusunnya dari hasil citra yang diperoleh. Teknik ini bergantung pada ketepatan informasi anatomi dalam meletakkan baik satu maupun beberapa piksel awal untuk masing-masing daerah homogen (Sutoyo, 2009). ROI sinyal dipengaruhi oleh penggunaan parameter-parameter *scan* dan sekuen pulsa (Zhu, 2005).

$$S = k \cdot \mathbf{M}(t) \quad (2.11)$$

$k$  = konstanta yang bergantung pada hardware MRI, pengaturan parameter *scan*, dan pembentukan *image*.

Pada penggunaan sekuen pulsa *Inversion Recovery* (IR), dengan pengaturan waktu pembalik (TI) pada pembobotan T1, nilai ROI dapat diperoleh.

$$S = k \cdot \mathbf{M}_z(t) \quad (2.12)$$

$$S = k \cdot \mathbf{M}_0 \left( 1 - 2e^{-TI/T_1} \right) \quad (2.13)$$

Berdasarkan Hou (2005), beberapa parameter yang memengaruhi intensitas amplitudo sinyal pada rekontruksi *image* dengan penggunaan sekuen pulsa *Inversion Recovery* (IR).

$$S_{IR}(T1, TE, TR) = \rho \left( 1 - 2e^{-T1/T1} + 2e^{-\left(TR - \frac{TE}{2}\right)/T1} - e^{-TR/T1} \right) e^{-TE/T2} \quad (2.14)$$

ROI ini menentukan nilai rata-rata sinyal suatu jaringan dan *noise* yang terdapat pada hasil citra. *Noise* atau derau pada proses pencitraan MRI yang ditimbulkan menjadi penyebab utama penurunan kualitas citra. *Noise* merupakan gangguan yang disebabkan oleh menyimpangnya data digital yang diterima oleh alat penerima data gambar yang mana dapat mengganggu kualitas citra yang dihasilkan (Sulistyo, 2009). *Noise* menjadi suatu gangguan yang tidak diinginkan pada hasil sebuah citra. Pada penelitian ini, yang dianggap sebagai *noise* adalah *background* karena *background* sendiri merupakan bagian dari *image* yang berada di luar hasil visualisasi dan memiliki himpunan piksel yang tidak memiliki intensitas. Dengan kata lain, *background* menjadi bagian dari *image* yang tidak mevisualisasikan suatu citra pemeriksaan. Nilai intensitas *pixel-pixel* suatu jaringan yang menggambarkan sebuah pencitraan merupakan proses perubahan dari data analog berupa puncak-puncak sinyal gelombang elektromagnetik jaringan karena pelepasan energi dari gelombang RF menghasilkan tegangan yang kemudian diubah menjadi data digital berupa gambar gelap terang sesuai dengan rentang besar kecilnya intensitas pencitraan tegangan yang ditimbulkan. Penentuan daerah ROI disajikan pada Gambar 2.20.





Gambar 2.20 Penentuan *region of interest* (ROI) jaringan (Simanjuntak dkk, 2014)

### 2.5.1 *Signal to Noise Ratio* (SNR)

SNR adalah perbandingan antara besarnya sinyal amplitudo dengan besarnya *noise* dalam pecitraan MRI (Westbrook dkk, 2011). *Noise* dapat disebabkan oleh sistem komponen MRI dan dari pasien. Semakin besar sinyal maka akan semakin meningkat SNR. SNR dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu densitas proton dari daerah yang diperiksa, *voxel volume*, TR, TE, *flip angel*, NEX, *receiver bandwidth* dan koil.

$$SNR = A \sqrt{\frac{Q \cdot B_0^3 \cdot N_{SA} \cdot N_y \cdot N_s}{BW}} V_h \cdot S \quad (2.15)$$

Keterangan:

$A$	= konstanta (suseptibilitas dan temperatur)
$Q$	= faktor kualitas koil
$B_0$	= kuat medan magnet
$N_{SA}$	= <i>number of averages</i>
$N_y$	= <i>number of phase encoding steps</i>
$N_s$	= <i>number of 3D slice</i>
$V_h$	= voxel volume
$BW$	= <i>bandwidth</i>
$S$	= sekuen yang mempengaruhi respon jaringan

SNR menjadi parameter dasar perhitungan kuantitas dari kualitas hasil pencitraan MRI. Semakin besar nilai SNR, maka kualitas gambar yang dihasilkan semakin terang. Pengaturan parameter waktu pembalik (TI) terhadap pengalokasian sekuen pulsa IR menjadikan intensitas MRI *signal* meningkat sehingga mengakibatkan intensitas sinyal nyala piksel juga meningkat. Hal ini akan menimbulkan perbandingan intensitas sinyal dengan intensitas *noise* berbeda jauh. Secara sederhana, dengan ROI langsung pada pesawat MRI, mendapatkan persamaan analisis nilai SNR dari suatu citra sebagai berikut:

$$SNR = \frac{\bar{S}_{(signal)}}{N_{(noise)}} \quad (2.16)$$

Keterangan:

$\bar{S}$  = Rata-rata *signal* beberapa jaringan hasil ROI

$N$  = *Noise background image* hasil dari ROI

### 2.5.2 *Contrast to Noise Ratio (CNR)*

CNR adalah perbedaan *signal to noise ratio* (SNR) antara jaringan yang saling berdekatan, dengan kata lain terlihat jelas kontras perbedaan antara jaringan-jaringan yang saling berdekatan (Westbrook dkk, 2011).

$$CNR = SNR_{(a)} - SNR_{(b)} \quad (2.17)$$

CNR yang baik dapat menunjukkan perbedaan antara daerah yang abnormal dengan daerah yang normal baik secara anatomis maupun patologis. Perbedaan kontras inilah yang dipengaruhi oleh parameter *sequence pulse inversion recovery* (IR) dengan pengaturan TI (*time inversion*), dimana akan terlihat jelas perbedaan jaringan-jaringan dengan melihat lama waktu relaksasi jaringan tersebut. Selisih perbedaan sinyal antara dua jaringan terhadap *noise* akan memengaruhi hasil nilai

CNR dengan ditunjukkan perolehan kontras yang jelas pada pencitraan MRI. Semakin besar nilai CNR, maka kualitas kontras gambar yang dihasilkan juga semakin jelas dalam pembeda. Persamaan analisis nilai CNR dari suatu citra sebagai berikut:

$$CNR = \frac{S_{(a)} - S_{(b)}}{N} \quad (2.18)$$

Keterangan:

$S_a$  = *Signal* jaringan hipokampus

$S_b$  = *Signal* jaringan sekitar atau hipokampus sisi lainnya

$N$  = *Noise (background)* luar jaringan hasil dari ROI

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini telah dilakukan pada,

Waktu : Bulan Januari sampai Juni 2016

Tempat : Instalasi Radiologi Rumah Sakit Haji Surabaya dan  
Laboratorium Biofisika, Fakultas Sains dan Teknologi,  
Universitas Airlangga

#### **3.2 Subyek Penelitian**

Responden yang diperlukan dalam penelitian ini adalah pasien dengan keluhan pada kepala tanpa memandang usia sebanyak 11 pasien dan 1 responden normal (tanpa keluhan pada kepala) sebagai pembandingan dari perlakuan.

#### **3.3 Alat dan Bahan**

##### **3.3.1 Alat**

##### **a. Pesawat MRI**

Pesawat MRI yang digunakan dalam penelitian ini adalah pada Gambar 3.1 dengan spesifikasi sebagai berikut :

Merk Pesawat : Magnetom Essenza, Siemens

Jenis Magnet Utama : Superkonduktor

Kekuatan : 1,5 T

Produksi : German



Gambar 3.1 Pesawat MRI Simens Magnetom Essenza 1,5 T (Foto Digital)

b. *Head Coil*

Dalam penelitian ini digunakan koil kepala (*head coil*) untuk melakukan pemeriksaan MRI *brain*. Kegunaannya sebagai penguat sinyal gelombang RF. Berikut adalah Gambar 3.2 yang merupakan *head coil* yang digunakan.



Gambar 3.2 Koil Kepala (*Head Coil*) (Foto Digital)

c. Perangkat komputer

Perangkat komputer dalam penelitian ini digunakan sebagai pengatur semua parameter yang dibutuhkan dalam pemeriksaan MRI ditunjukkan pada Gambar 3.3. Selain itu, juga berkaitan dengan proses pengaturan variasi nilai TI,

dan analisis kualitas gambar atau penentuan segmentasi ROI sebagai evaluasi CNR dan SNR pada hasil citra.



Gambar 3.3 Sistem komputer (Foto Digital)

d. *Processor Film*

*Processor film* yang digunakan menggunakan sistem *dry chemical* Kodak *Dryview 8900 Laser Imager* yaitu pemrosesan film dengan menggunakan atau memanfaatkan laser, sehingga film yang digunakan merupakan film yang sensitif terhadap sinar laser. *Kodak Dryview 8900 Laser Image* ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 *Processor Film* (Foto Digital)

### 3.3.2 Bahan

Jenis film yang digunakan dalam mencetak hasil citra adalah *film single emulsi* jenis *dry view* dengan ukuran 35 cm x 43 cm.

### **3.4 Variabel Penelitian**

#### **3.4.1 Variabel Bebas**

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab atau memengaruhi variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu variasi nilai waktu pembalik (TI) rentang 400 ms - 800 ms dengan interval 100 ms.

#### **3.4.2 Variabel Terikat**

Variabel terikat atau merupakan variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat dari adanya variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu :

- a. Nilai SNR
- b. Nilai CNR

#### **3.4.3 Variabel Terkendali**

Variabel terkendali merupakan paramater yang dikendalikan selama proses pengambilan data. Variabel terkendali pada penelitian ini sesuai dengan prosedur pemeriksaan MRI kepala citra T1 TIR Rumah Sakit Haji Surabaya, yaitu:

- a. Nilai TE

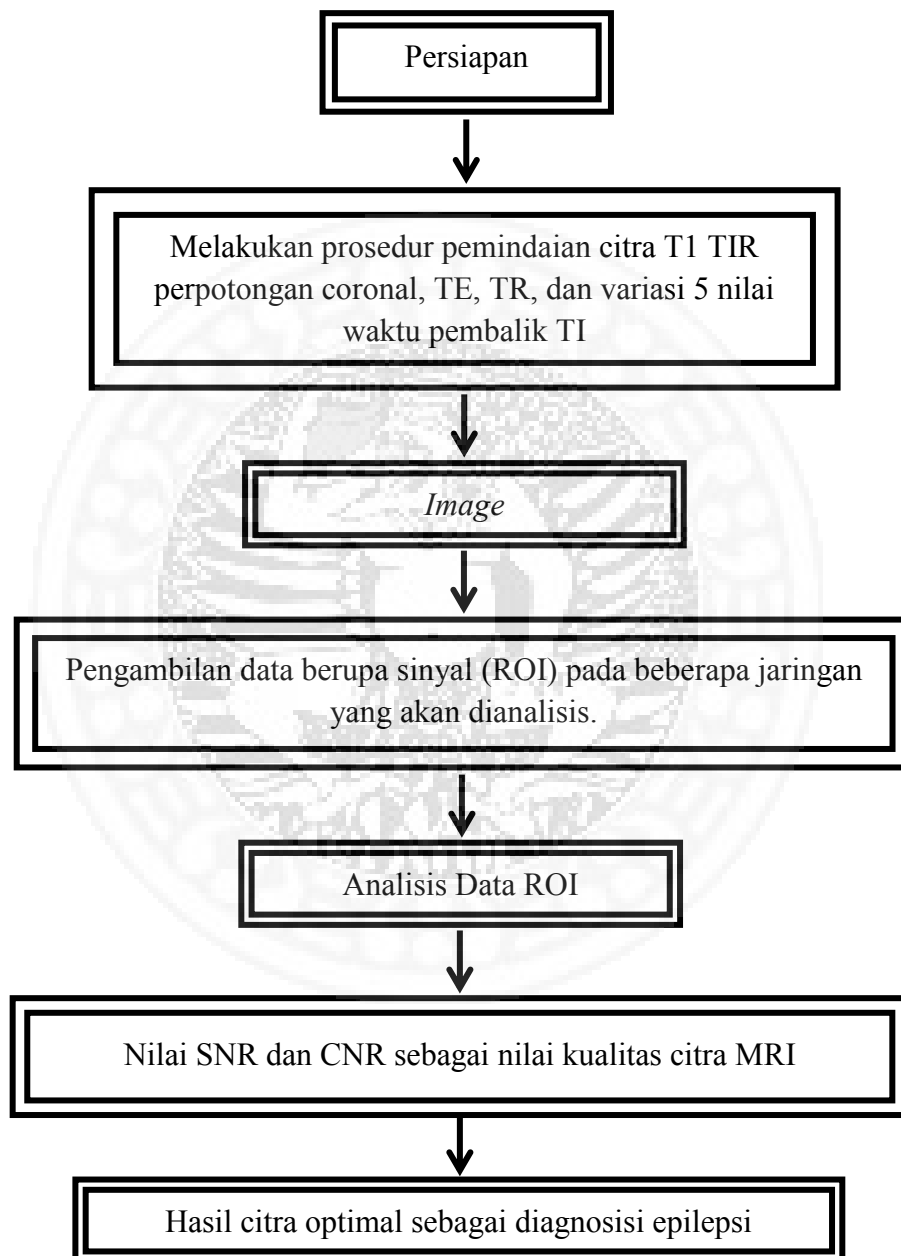
Nilai TE yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai sebesar 63 ms.

- b. Nilai TR

Nilai TR yang digunakan dalam penelitian ini lebih dari 3000 ms ( $> 3000\text{ ms}$ ) yakni 7000 ms.

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 3.5.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.5 Diagram alir penelitian



### 3.5.2 Tahap Persiapan

Memersiapkan pesawat MRI pada posisi *stand by*. Pasien melengkapi data pemeriksaan sebelumnya. Kemudian mengkondisikan pasien siap melakukan pemeriksaan MRI dengan memenuhi standar operasional pemeriksaan MRI. Pemasangan *head coil* pada pasien sebagai *coil* tambahan khusus kasus pemeriksaan MRI kepala.

### 3.5.3 Tahap Pemindaian

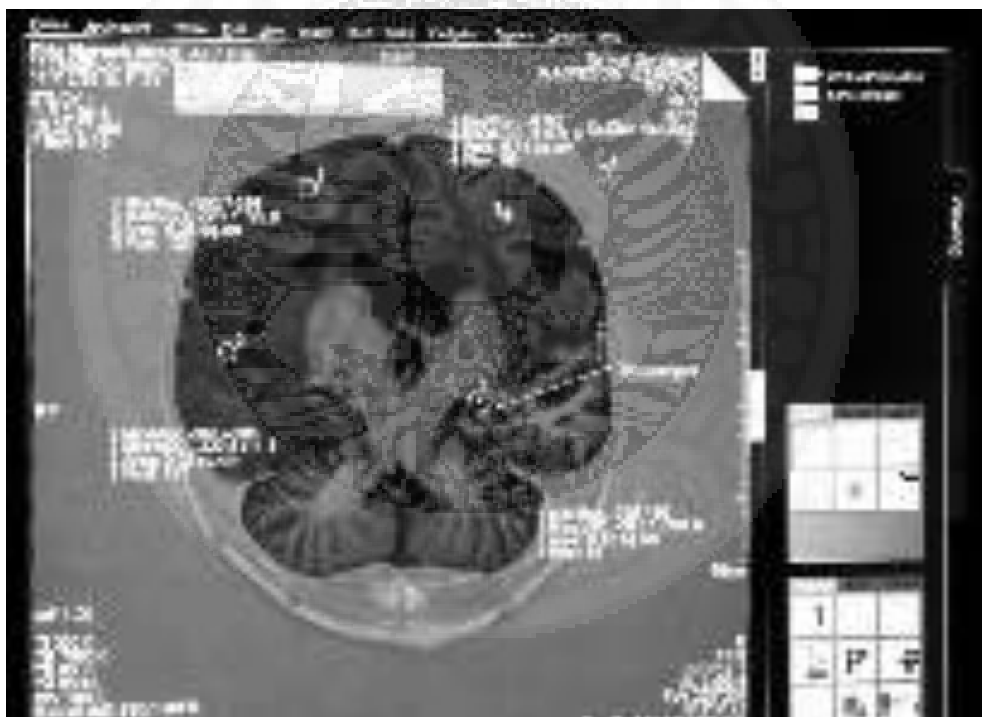
*Scanning* diawali dengan melakukan prosedur pemindaian citra yaitu pengaturan beberapa parameter yang memengaruhi hasil citra pemeriksaan. Mengatur variabel terkendali TE dan TR pada nilai yang sesuai dengan prosedur pemeriksaan MRI kepala citra T1 TIR Rumah Sakit Haji Surabaya. Melakukan pemindaian dengan pengaturan perpotongan *coronal* fokus pada daerah hipokampus pasien diagnosis epilepsi. Parameter umum lainnya yang perlu dikendalikan dalam keadaan homogen adalah tebal irisan, FOV, NEX dan lain sebagainya. Melakukan pemindaian dengan variasi nilai waktu pembalik TI sebanyak 5 variasi sebagai variabel bebas yang diteliti pengaruhnya terhadap variabel terikat yaitu, nilai SNR dan nilai CNR sebagai parameter kualitas citra.

### 3.5.4 Pengambilan Data

Materi penelitian adalah hasil citra pemeriksaan MRI kepala diambil beberapa *image* yang mampu memvisualisasikan keseluruhan jaringan yang dievaluasi dari masing-masing responden. Jumlah responden pemeriksaan MRI kepala deteksi kelainan epilepsi pada penelitian kali ini sebanyak 12 responden. Sehingga diperoleh data 60 *image* keseluruhan citra pemeriksaan responden untuk

dianalisis. Kemudian menentukan metode segmentasi berupa *region of interest* (ROI) yang merupakan *mean signal* (sinyal rata-rata) beberapa daerah atau jaringan yang ingin dianalisis berdasarkan hasil citra yang diperoleh dari pemeriksaan.

Penentuan ROI dapat secara langsung pada perangkat komputer instrumen MRI. Segmentasi ROI dilakukan pada jaringan *cerebrospinal fluid* (CSF) *white matter* (WM), *gray matter* (GM), *hipokampus kanan* (Hka), *hipokampus kiri* (Hki) serta *background* sebagai *noise* pada hasil citra. Gambar 3.6 menunjukkan contoh penentuan nilai mean signal ROI pada beberapa jaringan yang diinginkan.



Gambar 3.6 Penentuan ROI hasil citra MRI (Foto Digital)

### 3.6 Analisis Data

Memperoleh *mean signal* data ROI pada jaringan *cerebrospinal fluid* (CSF), *white matter* (WM), *gray matter* (GM), Hipokampus kanan (Hka), dan Hipokampus kiri (Hki) serta derau (*noise*) pada *background image*. Data yang

diperoleh akan dianalisis untuk mengetahui pengaruh TI dan menentukan nilai TI optimal dalam menghasilkan kualitas citra terbaik sebagai acuan atau standar dalam pemeriksaan MRI kepala citra T1 TIR sebagai deteksi kelainan epilepsi.

### 3.6.1 Analisis Nilai SNR dan CNR

Nilai SNR tinggi dan hasil citra terbaik dengan kata lain terlihat jelas, maka kualitas citra yang dihasilkan optimal dalam mendiagnosis. Sedangkan nilai CNR sendiri dapat membedakan hasil citra dari beberapa jaringan yang berdekatan akan terlihat jelas kontras perbedaannya. Sehingga dapat terlihat letak adanya suatu kelainan. Analisis nilai SNR dan CNR dari hasil peroleh data ROI akan dianalisis dengan persamaan (2.16) dan (2.17) sebagai berikut:

$$SNR = \frac{\bar{S}_{(signal)}}{N_{(noise)}} \quad (2.16)$$

$$CNR = SNR_{(a)} - SNR_{(b)} \quad (2.17)$$

Hasil analisis data ini yang akan menentukan hasil kuantitas dari pencitraan MRI kepala pemeriksaan kelainan saraf epilepsi, sehingga dapat diketahui nilai citra optimal dari variasi nilai TI yang dilakukan. Hasil perhitungan ini dapat digunakan sebagai acuan dalam penentuan nilai variasi TI pada pemeriksaan MRI kepala deteksi kelainan saraf epilepsi optimal dengan menghasilkan citra terbaik.

### 3.6.2 Analisis Uji Statistik

Uji statistik dari data yang diperoleh untuk mengetahui pengaruh dari variasi nilai waktu pembalik TI terhadap hasil nilai SNR dan CNR jaringan dapat dilakukan dengan uji statistik menggunakan uji MANOVA atau uji (*Multivariate Analysis of Variance*). Uji MANOVA sendiri memiliki fungsi untuk mengukur variabel-variabel independen terhadap beberapa variabel dependen sekaligus atau

secara bersamaan (Ghozali, 2011). MANOVA merupakan bentuk multivariat dari *analysis of variance* (ANOVA), dimana yang dimaksud multivariat adalah terdapat lebih dari satu variabel terikat. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan uji MANOVA untuk mengetahui pengaruh variasi TI sebagai variabel independen terhadap nilai SNR dan nilai CNR jaringan sebagai variabel dependen.

Variabel terikat (*dependent variabel*) yaitu, nilai SNR dan nilai CNR jaringan yang dievaluasi merupakan variabel yang dipengaruhi oleh suatu variabel lain (variabel bebas). Variabel bebas (*independent variabel*) variasi TI 400 ms, 500 ms, 600 ms, 700 ms, dan 800 ms merupakan variabel yang mempengaruhi variabel terikat.

Uji lanjutan untuk mengetahui pengaruh waktu pembalik TI terhadap nilai SNR dan nilai CNR adalah dengan uji Korelasi *Pearson*. Uji ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa kuat pengaruh waktu pembalik (TI) terhadap parameter kualitas citra (SNR dan CNR) pada jaringan yang dievaluasi. Kekuatan signifikansi dari pengaruh variabel bebas (waktu pembalik) akan ditunjukkan dengan nilai  $\alpha$  yang disimbolkan dengan simbol berikut (\*). Memiliki hubungan atau pengaruh yang kuat akan disimbolkan dengan (\*\*) yang menunjukkan nilai  $\alpha = 0,01$  pengaruh kuat. Sedangkan memiliki hubungan yang lemah akan disimbolkan dengan (\*) yang menunjukkan nilai  $\alpha = 0,05$  pengaruh lemah.

Analisis selanjutnya berfungsi untuk memperoleh nilai waktu pembalik (TI) yang optimal berdasarkan analisis nilai SNR dan nilai CNR untuk menghasilkan kualitas citra terbaik pada pemeriksaan MRI kepala dalam mengidentifikasi adanya suatu kelainan. Pengaruh waktu pembalik terhadap nilai SNR dan nilai CNR

jaringan pada hasil citra menjadi pertimbangan dalam pemilihan nilai waktu pembalik (TI) yang tepat untuk menghasilkan kualitas citra optimal. Kualitas citra optimal yang dimaksud yakni mendapatkan nilai SNR dengan hasil terbaik, tetapi juga mempertimbangkan nilai CNR yang mampu menghasilkan perbedaan jaringan yang cukup baik pula.

Oleh karena itu, dilakukan analisis korelasi hubungan antara nilai SNR dan nilai CNR dimana kedua nilai ini sama-sama merupakan nilai parameter kualitas citra. Hubungan korelasi antara nilai SNR dan CNR ini bertujuan untuk mendapatkan kualitas citra dengan nilai SNR dan CNR yang memiliki kedudukan sama sehingga akan diperoleh nilai waktu pembalik (TI) optimal dalam menghasilkan citra pada pemeriksaan MRI kepala. Analisis hubungan korelasi antara nilai SNR dan nilai CNR dilakukan dengan mendapatkan titik potong antara persamaan garis keduanya. Titik potong yang diperoleh menjelaskan bahwa nilai SNR dan nilai CNR pada kedudukan yang sama dan tidak saling melemahkan dalam hasil pencitraan. Daerah terjadinya titik potong dari persamaan garis nilai SNR dan CNR ini menunjukkan rentang nilai waktu pembalik (TI) yang optimal dalam hasil citra T1 TIR *coronal* pemeriksaan MRI kepala.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh dari parameter waktu pembalik (TI) pada pengaplikasian parameter citra sekuen pulsa *Inversion Recovery* (IR) terhadap hasil kualitas citra *coronal* pemeriksaan MRI kepala T1 *weighted True Invers Recovery* (T1 TIR) dengan melakukan analisis kuantitatif terhadap nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan nilai *Contras to Noise Ratio* (CNR), serta memperoleh nilai waktu pembalik (TI) yang optimal untuk menghasilkan kualitas citra terbaik dalam pemeriksaan MRI kepala.

Penelitian dilakukan terhadap sebelas responden pasien pemeriksaan MRI kepala dan satu responden pemeriksaan MRI kepala normal, dengan keseluruhan responden berjumlah dua belas orang dan berusia antara 21-73 tahun. Responden merupakan pasien pemeriksaan MRI kepala Rumah Sakit Haji Surabaya yang berjumlah sebelas orang dengan indikasi, satu pasien penderita epilepsi, tiga diantaranya diidentifikasi mengalami sklerosis hipokampus, sisanya merupakan pasien pemeriksaan MRI kepala dengan berbagai kasus dan satu pasien pemeriksaan MRI lumbal sebagai responden normal yang dengan sukarela melakukan prosedur penelitian pemeriksaan MRI kepala untuk menghasilkan citra yang akan digunakan sebagai pembanding dari adanya suatu kelainan epilepsi.

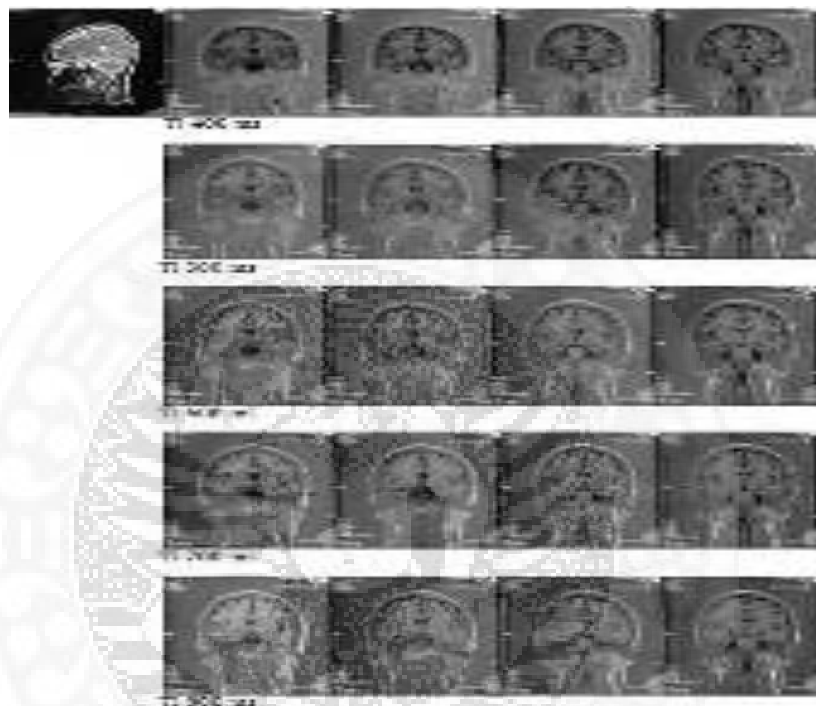
Responden akan dibagi menjadi dua kelompok yaitu, kelompok responden normal dan kelompok responden kelainan. Indikasi kelompok kelainan ditentukan dari adanya kelainan pada hipokampus yang sesuai dengan diagnosis dokter

sementara sebelum pemeriksaan MRI kepala. Responden kelompok normal terdiri dari delapan orang tanpa adanya kelainan pada hipokampus, sedangkan responden kelompok kelainan terdiri dari empat orang dan mengalami kelainan pada hipokampus. Waktu *scanning* pemeriksaan untuk satu variasi nilai TI adalah 3 menit 16 detik, sehingga total waktu *scanning* setiap responden dengan lima variasi nilai TI yakni sekitar 15 menit 8 detik.

Hasil penelitian memperoleh citra *coronal* T1 TIR (T1 *weighted True Inversion Recovery*) MRI dari dua belas responden pada setiap variasi nilai TI. Hasil citra yang diperoleh kemudian dilakukan pemilihan citra yang mampu memvisualisasikan keseluruhan jaringan yang akan dievaluasi (Rochmayanti, 2013). Pada penelitian kali ini, jaringan yang akan dievaluasi yaitu, *Cerebrospinal Fluid* (CSF), *White Matter* (WM), *Gray Matter* (GM), Hipokampus Kanan (Hka), dan Hipokampus Kiri (Hki). Berdasarkan hasil citra yang diperoleh, empat citra mampu mewakili visualisasi keseluruhan jaringan yang akan dievaluasi pada setiap variasi nilai TI.

Hasil citra pemeriksaan T1 TIR yang diperoleh, dilakukan analisis segmentasi *Region of Interest* (ROI) pada jaringan yang akan dievaluasi dan ROI *background* pada beberapa area sebagai *noise*. ROI ini menentukan nilai rata-rata sinyal suatu jaringan dan *noise* yang terdapat pada hasil citra. *Noise* atau derau pada proses pencitraan MRI yang ditimbulkan menjadi penyebab utama penurunan kualitas citra. *Noise* merupakan gangguan yang disebabkan oleh menyimpangnya data digital yang diterima oleh alat penerima data gambar yang mana dapat mengganggu kualitas citra yang dihasilkan (Sulistyo, 2009). *Noise* yang timbul dapat bernilai

positif atau negatif, artinya dapat berupa penambahan nilai piksel pada citra asli, maupun dapat mengurangi nilai citra asli. Gambar 4.1 merupakan hasil citra T1 TIR pemeriksaan MRI kepala setiap variasi TI pada satu pasien. Hasil citra T1 TIR untuk semua responden dapat dilihat pada Lampiran 6.

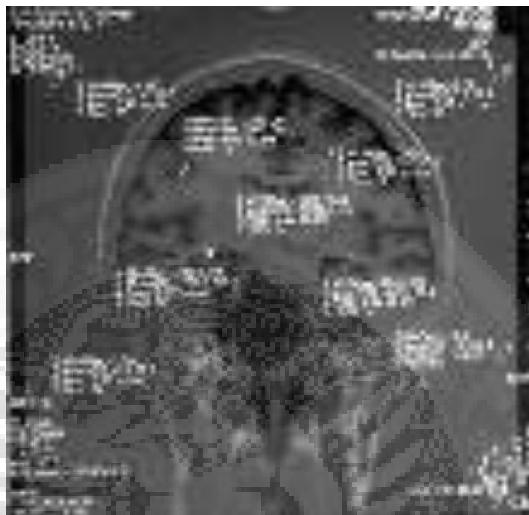


Gambar 4.1 Citra MRI kepala setiap variasi TI (RS Haji Surabaya, 2016)

ROI sendiri merupakan metode standar pengukuran dengan prinsip lapang pandang yang dilakukan pada sampel. Dengan kata lain, ROI dilakukan untuk memilih daerah-daerah atau area terpenting pada proses pengambilan data. Pengukuran ROI pada jaringan dilakukan dengan luasan area sekecil mungkin pada daerah dengan intensitas yang homogen (Fatimah, 2015). Intensitas homogen menggambarkan daerah dengan keberagaman atom penyusun jaringan hampir sama bahkan sama. Sedangkan ROI pada daerah *background*, dengan menghindari daerah artefak (Fatimah, 2015).



Pada penelitian ini, pengukuran ROI jaringan dilakukan pada setiap responden untuk empat hasil citra masing-masing variasi TI. Gambar 4.2 menunjukkan analisis pengukuran ROI pada jaringan yang dievaluasi dan ROI *background*.



Gambar 4.2 Pengukuran ROI jaringan pada citra MRI kepala  
(RS Haji Surabaya, 2016)

#### 4.1 Hasil Analisis Kualitas Citra

Berdasarkan hasil pengukuran ROI citra, maka dapat dilakukan analisis perhitungan nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan nilai *Contrast to Noise Ratio* (CNR). Nilai SNR dan CNR merupakan analisis kuantitatif citra untuk menentukan kualitas citra yang dihasilkan. Analisis perhitungan nilai SNR dan CNR dapat diperoleh dengan persamaan (2.15) dan (2.16), sebagai berikut:

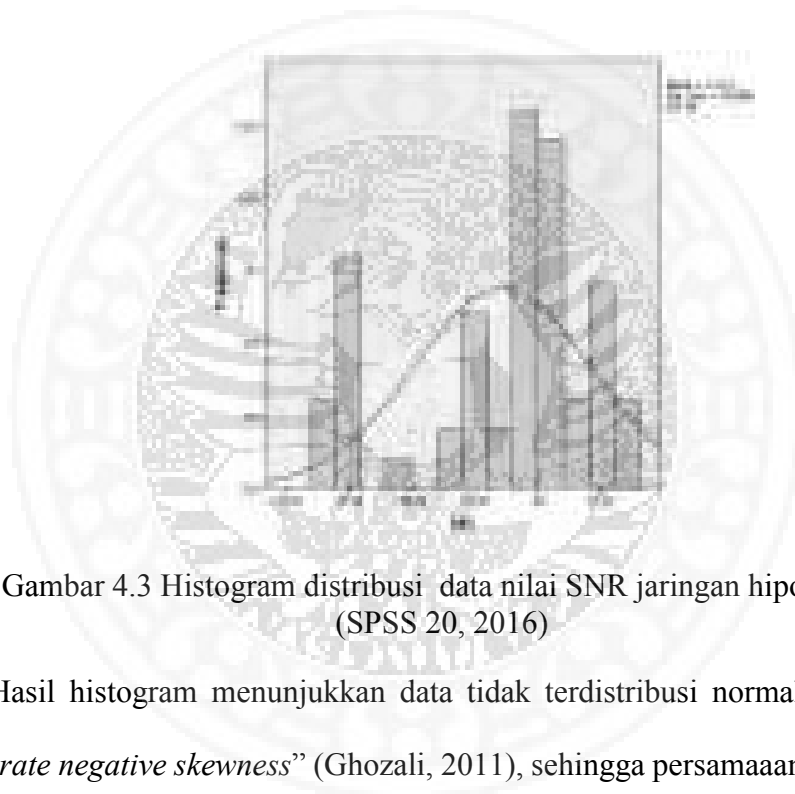
$$SNR = \frac{\bar{S}_{(signal)}}{N_{(noise)}} \quad (2.16)$$

$$CNR = SNR_{(a)} - SNR_{(b)} \quad (2.17)$$

Sinyal (S) merupakan nilai “*Mean*” pada hasil pengukuran ROI jaringan, sedangkan *noise* (N) merupakan nilai rata-rata dari standar deviasi *mean* sinyal pada empat area hasil pengukuran ROI *background* (Fatimah, 2015). Nilai SNR adalah perbandingan antara sinyal amplitudo suatu jaringan dengan besarnya *noise* dalam pencitraan MRI (Westbrook dkk, 2011), dimana nilai SNR merupakan nilai yang menjadi acuan dalam kejelasan rekontruksi citra MRI. Pada penelitian ini, nilai SNR akan dievaluasi pada jaringan CSF, WM, GM, Hka, dan Hki. Sedangkan nilai CNR adalah perbedaan nilai SNR antara jaringan yang saling berdekatan (Westbrook dkk, 2011) atau dengan kata lain nilai CNR ini merupakan nilai yang mampu menggambarkan kontras perbedaan yang jelas antara dua atau lebih jaringan yang dipandang secara makro hampir mirip sedangkan secara mikro memiliki perbedaan pada atom penyusunnya. Sesuai dengan nilai SNR yang diperoleh, maka dapat dilakukan evaluasi nilai CNR pada jaringan (CSF-WM), (WM-GM), (GM-CSF), dan (Hka-Hki).

Pada setiap responden akan dilakukan analisis perhitungan nilai SNR dan CNR setiap variasi nilai TI, untuk empat bingkai citra yang terpilih. Selanjutnya diperoleh nilai rerata SNR dan CNR pada 4 bingkai citra masing-masing responden (Lampiran 7). Nilai SNR dan CNR yang diperoleh akan dilakukan uji normalitas data. Uji normalitas data menggunakan uji “Kolmogorov-Smirnov”. Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai signifikansi  $> 0,05$  untuk nilai SNR dan CNR semua jaringan, kecuali satu nilai signifikansi  $< 0,05$  yaitu sebesar  $p = 0,019 < 0,05$  pada nilai SNR (Hki) jaringan hipokampus kiri.

Nilai SNR (Hki) jaringan hipokampus kiri yang tidak terdistribusi normal dilakukan transformasi data untuk dapat memenuhi syarat uji MANOVA. Berdasarkan Ghozali (2011), transformasi data bisa dilakukan untuk data yang tidak terdistribusi normal dengan menentukan persamaan transformasi data sesuai dengan bentuk dari histogram distribusi datanya. Gambar 4.3 menunjukkan histogram dari distribusi data nilai SNR jaringan hipokampus kiri.



Gambar 4.3 Histogram distribusi data nilai SNR jaringan hipokampus kiri (SPSS 20, 2016)

Hasil histogram menunjukkan data tidak terdistribusi normal dengan tipe “*Moderate negative skewness*” (Ghozali, 2011), sehingga persamaan transformasi data untuk permasalahan ini sebagai berikut:

$$SQRT(k - x) \quad (4.1)$$

Keterangan:

x = variabel yang akan ditransformasikan

k = nilai tertinggi dari variabel yang akan ditransformasikan

Setelah dilakukan transformasi data dan kemudian melakukan uji normalitas kembali maka distribusi data untuk SNR jaringan hipokampus kiri (Hki) menjadi normal dengan nilai signifikansi sebesar  $p = 0,357 > 0,05$ . Kesimpulan uji normalitas data untuk setiap nilai SNR dan nilai CNR seluruh jaringan terdistribusi normal (Lampiran 7).

Metode analisis statistika selanjutnya dengan menggunakan Uji MANOVA (*Multivariate Analysis of Variance*). Uji MANOVA sendiri memiliki fungsi untuk mengukur variabel-variabel independen terhadap beberapa variabel dependen sekaligus atau secara bersamaan (Ghozali, 2011). MANOVA merupakan bentuk multivariat dari *analysis of variance* (ANOVA), dimana yang dimaksud multivariat adalah terdapat lebih dari satu variabel terikat. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan uji MANOVA terhadap kelompok normal dan kelompok kelainan untuk mengetahui pengaruh waktu pembalik TI sebagai variabel independen terhadap nilai SNR dan nilai CNR jaringan sebagai variabel dependen.

*Tests Multivariate* atau uji F merupakan salah satu hasil analisis ada tidaknya pengaruh variasi TI terhadap nilai SNR dan CNR. Berdasarkan uji F yang telah dilakukan disimpulkan bahwa adanya pengaruh yang signifikan dari variasi TI terhadap nilai SNR dan CNR.

Analisis *Tests Multivariate* menunjukkan nilai p pada bagian “Perlakuan” adalah empat uji multivariat yang berbeda untuk nilai SNR dan nilai CNR seluruh jaringan. Empat uji multivariat yang dilakukan adalah uji Pillai’s Trace, Wilks’ Lamda, Hotelling’s Trace, dan Roy’s Largest Root. Hasil yang ditampilkan dari keempat uji memberitahukan bahwa ada pengaruh yang signifikan dari variasi TI

terhadap nilai SNR dan CNR karena keempat nilai Sig. menunjukkan ( $p < 0,05$ ) dengan nilai  $p$  sebesar 0,000. Kesimpulannya variasi TI berpengaruh signifikan terhadap nilai SNR dan CNR seluruh jaringan yang dievaluasi (Lampiran 7).

Pada uji MANOVA ini juga dapat dilakukan uji *Post Hoc*. Uji *Post Hoc* sendiri memiliki tujuan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan variasi TI dalam mempengaruhi nilai SNR dan CNR jaringan yang dievaluasi. Sebelum melakukan uji *Post Hoc*, terlebih dahulu melihat hasil “Uji Homogenitas” untuk nilai SNR dan CNR seluruh jaringan. Uji homogenitas ini digunakan untuk mengetahui data memiliki varian yang homogen atau tidak.

Uji homogenitas pada uji MANOVA ini menggunakan uji Levene atau *Levenes's Test*. Hasil uji homogenitas selanjutnya akan digunakan untuk melakukan uji lanjutan yaitu uji *Post Hoc*. Data yang memiliki varian yang sama atau homogen uji *Post Hoc* yang digunakan adalah uji “*Tukey*” sedangkan untuk data yang memiliki varian yang tidak homogen menggunakan uji “*Games-Howell*”. Varian data dikatakan homogen jika nilai  $p > 0,05$ .

Hasil uji homogenitas untuk nilai SNR dan nilai CNR seluruh jaringan, terlihat pada Tabel 4.1.

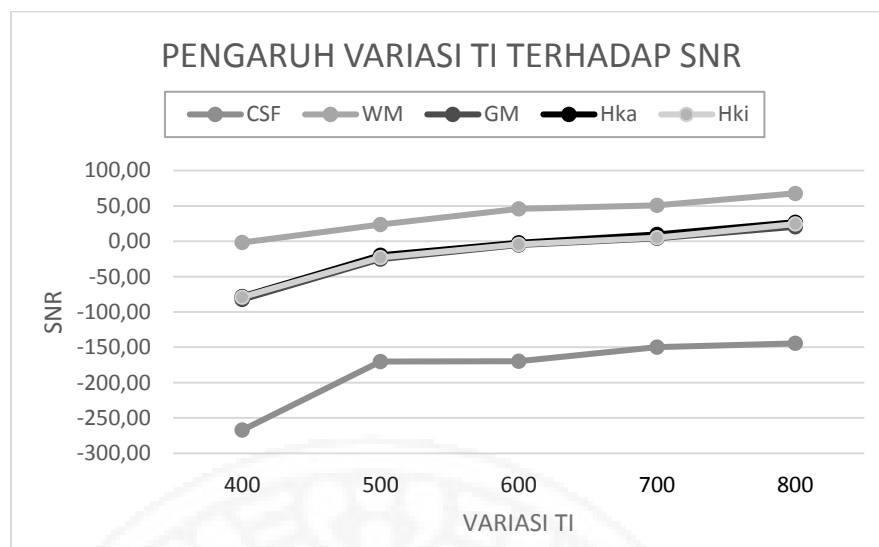
Tabel 4.1 Homogenitas nilai SNR nilai CNR

SNR dan CNR Jaringan	Sig. (p)
Cerebrospinal Fluid (CSF)	0,820
White matter (WM)	0,010
Gray matter (GM)	0,460
Hipokampus kanan (Hka)	0,163
Hipokampus kiri (Hki)	0,000
CSF-WM	0,321
WM-GM	0,961
GM-CSF	0,344
Hka-Hki	0,226

Pada hasil uji homogenitas ini, nilai  $p$  pada SNR jaringan *cerebrospinal fluid* (CSF), *gray matter* (GM), hipokampus kanan (Hka), dan CNR jaringan CSF-WM, WM-GM, GM-CSF, Hka-Hki, nilai  $p > 0,05$  sehingga data memiliki varian yang homogen dan dapat dilakukan uji lanjutan *Post Hoc* menggunakan uji “*Tukey*”. Sedangkan pada hasil uji homogenitas nilai SNR jaringan *white matter* (WM), dan hipokampus kiri (Hki), nilai  $p < 0,05$  sehingga data dikatakan tidak memiliki varian yang homogen dan dapat dilakukan uji lanjutan *Post Hoc* menggunakan uji “*Games-Howell*”.

#### 4.2 Hasil Analisis Pengaruh TI terhadap Nilai SNR

Melakukan perhitungan nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) merupakan analisis secara kuantitatif pada suatu citra dari setiap variasi TI. Nilai SNR diperoleh dengan membandingkan antara amplitudo sinyal pada jaringan *white matter*, *gray matter*, CSF, hipokampus kanan dan kiri dengan standar deviasi daerah *noise* yang berada di luar area citra kepala (Nugroho, 2009). Berdasarkan hasil analisis perhitungan, nilai SNR yang dihasilkan pada setiap evaluasi jaringan terlihat semakin meningkat sebanding dengan setiap kenaikan variasi nilai TI. Hal ini terlihat pada Gambar 4.4 yang merupakan grafik hasil perhitungan rerata nilai SNR pada empat bingkai citra yang tervisualisasi.

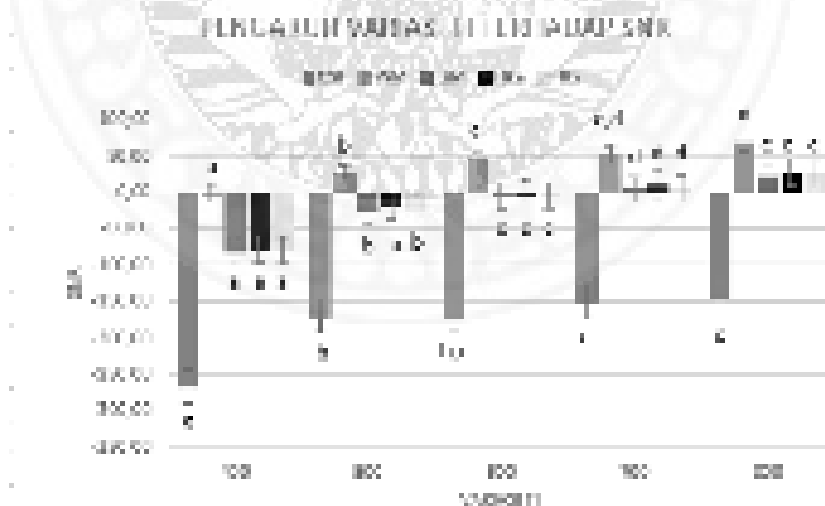


Gambar 4.4 Grafik pengaruh variasi TI terhadap nilai SNR jaringan

Berdasarkan grafik Gambar 4.4 menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai TI, maka semakin tinggi pula nilai SNR pada setiap jaringan yang dievaluasi. Pada jaringan WM, GM, Hipokampus kanan dan kiri nilai SNR relatif mengalami kenaikan secara linier, sedangkan pada jaringan CSF kenaikan yang terjadi tidak selinier pada jaringan lainnya. Selain itu, pada jaringan yang dievaluasi nilai SNR tertinggi terletak pada variasi TI yang tinggi pula yaitu pada 800 ms.

Hasil deskriptif statistika pada uji MANOVA juga menggambarkan demikian, dimana semakin meningkat nilai variasi TI, maka hasil *mean* (rata-rata) pengaruh variasi TI juga semakin meningkat. Hasil nilai *mean* pengaruh variasi TI terhadap nilai SNR seluruh jaringan menunjukkan nilai tertinggi pada variasi TI 800 ms. Nilai *mean* untuk jaringan CSF, WM, GM, Hka, dan Hki pada variasi TI 800 ms secara berurutan memiliki nilai -124,72; 54,44; 18,75; 23,19; 22,52 (Lampiran 7). Nilai ini merupakan nilai *mean* tertinggi daripada nilai *mean* variasi TI lainnya.

Selanjutnya untuk menunjukkan nilai signifikansi dari hasil uji multivariat, yaitu untuk mengetahui tingkat signifikansi atau seberapa besar pengaruh variasi TI terhadap nilai SNR, uji MANOVA memberi hasil bahwa perlakuan variasi TI yang dilakukan memiliki pengaruh yang bermakna terhadap nilai SNR seluruh jaringan yang dievaluasi baik pada kelompok responden normal, maupun kelompok responden kelainan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai p pada SNR jaringan CSF, WM, GM, Hka, dan Hki sebesar  $0,000 < 0,05$  (Lampiran 7). Untuk mengetahui perbedaan yang signifikan antar perlakuan variasi TI maka dilakukan uji *Post Hoc*. Hasil uji *Post Hoc Tukey* untuk nilai SNR jaringan CSF, GM, dan Hka serta uji *Post Hoc Games-Howell* untuk nilai SNR jaringan WM dan Hki menunjukkan bahwa minimal ada satu perbedaan yang signifikan pada variasi TI. Perbedaan signifikan antar perlakuan disajikan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Diagram nilai SNR terhadap variasi TI seluruh jaringan. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan nilai signifikansi berdasarkan uji *Post Hoc* ( $\alpha = 0,05$ ).



Uji lanjutan menggunakan uji korelasi *Pearson*, uji ini digunakan untuk mengetahui hubungan antara variasi TI dengan nilai SNR seluruh jaringan. Berdasarkan hasil uji korelasi *Pearson*, korelasi antara variasi nilai TI dengan nilai SNR memiliki nilai korelasi yang positif. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan variasi TI dengan nilai SNR jaringan adalah sebanding. Semakin meningkat nilai variasi TI maka nilai SNR seluruh jaringan yang dievaluasi juga semakin meningkat. Selain itu, hasil uji korelasi *Pearson* juga menunjukkan bahwa pengaruh variasi TI terhadap nilai SNR sangat kuat. Hal ini ditunjukkan dengan hasil hubungan yang signifikan pada tingkat  $\alpha = 0,01$  (Lampiran 7).

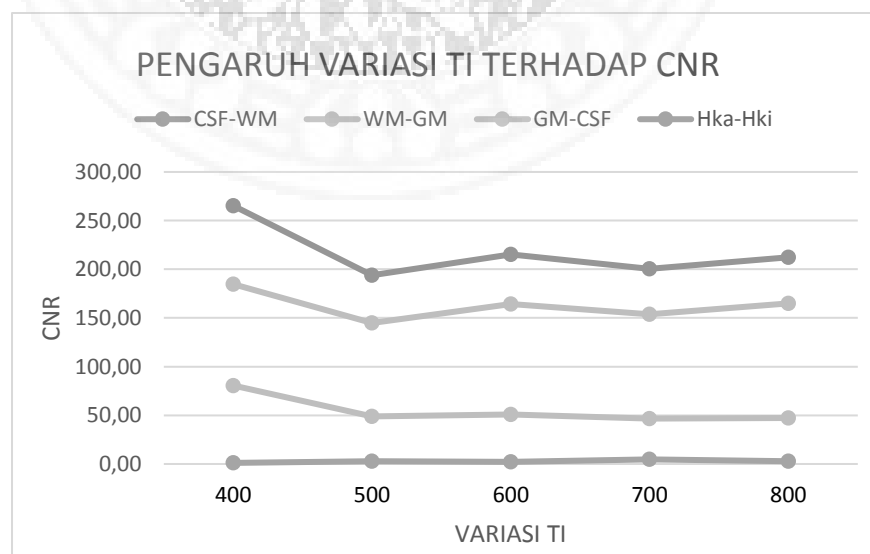
Hasil dari beberapa uji yang dilakukan menyimpulkan bahwa variasi waktu pembalik (TI) berpengaruh terhadap nilai SNR jaringan dengan hubungan yang sebanding. Semakin meningkat nilai TI, maka nilai SNR jaringan juga semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan Westbrook (2011), yang menyatakan bahwa sekuen pulsa IR mampu memperbesar sinyal dari struktur-struktur yang hiperintens (terang) sebagai hasil dari injeksi kontras karena lamanya waktu relaksasi jaringan akibat pengaruh nilai waktu pembalik (TI).

Waktu pembalik (TI) memberikan pengaruh pada waktu relaksasi jaringan dalam penggambaran rekontruksi citra MRI. Waktu relaksasi atom hidrogen pada suatu jaringan akan memengaruhi amplitudo sinyal yang tertangkap oleh *coil receiver* sehingga, pemberian sekuen IR dengan pengaturan waktu pembalik (TI) mengakibatkan jaringan mengalami proses relaksasi yang cukup bahkan lebih lama dan amplitudo sinyal yang tertangkap lebih banyak untuk menggambarkan intensitas sinyal piksel-piksel dalam mendemonstrasikan jaringan tersebut. Citra T1

TIR yang diperoleh mampu memberikan informasi anatomi pada pembobotan T1 karena sekuen pulsa IR ini sensitif terhadap jaringan lunak (terutama *fat*), sehingga jaringan WM, GM, Hka, dan Hki memiliki intensitas sinyal yang lebih besar daripada intensitas sinyal pada jaringan CSF.

#### 4.3 Hasil Analisis Pengaruh TI terhadap Nilai CNR

Melakukan perhitungan nilai *Contras to Noise Ratio* (CNR) juga merupakan analisis secara kuantitatif pada suatu citra dari setiap variasi TI. Nilai CNR diperoleh dengan mendapatkan selisih nilai SNR antar jaringan-jaringan yang dievaluasi (Nugroho, 2009). Pada penelitian ini, nilai CNR dapat diperoleh dari selisih nilai SNR antar jaringan CSF-WM, WM-GM, GM-CSF, dan Hka-Hki. Berdasarkan hasil analisis perhitungan, nilai CNR yang dihasilkan pada setiap evaluasi jaringan terlihat semakin menurun dan berbanding terbalik dengan setiap kenaikan variasi nilai TI. Hal ini terlihat pada Gambar 4.6 yang merupakan grafik hasil perhitungan rerata nilai CNR pada empat bingkai citra yang tervisualisasi.



Gambar 4.6 Grafik pengaruh variasi TI terhadap nilai CNR jaringan

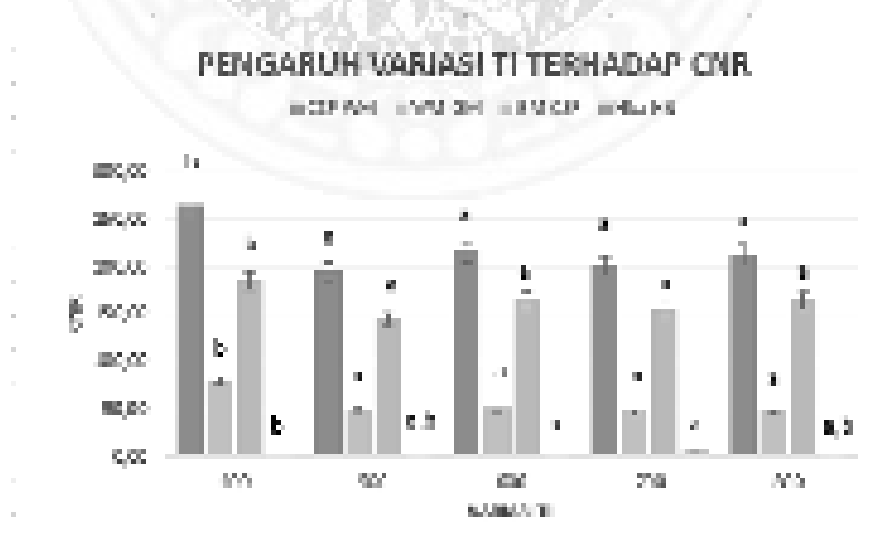
Berdasarkan grafik Gambar 4.6 menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai TI, maka nilai CNR pada setiap jaringan yang dievaluasi relatif mengalami penurunan. Nilai CNR pada jaringan CSF-WM, WM-GM, dan GM-CSF relatif mengalami penurunan pada setiap kenaikan nilai variasi TI, namun penurunan nilai yang terjadi tidak secara linier karena pada variasi nilai TI tertentu nilai CNR mengalami kenaikan kembali walaupun tidak terlalu tinggi kenaikan yang terjadi. Pada nilai CNR jaringan Hka-Hki relatif sama untuk setiap kenaikan nilai variasi TI atau penurunan yang terjadi relatif sama. Berdasarkan pada jaringan yang dievaluasi nilai CNR tertinggi terletak pada variasi TI yang terendah yaitu pada 400 ms.

Hasil deskriptif statistika pada uji MANOVA juga menggambarkan demikian, dimana semakin meningkat nilai variasi TI, maka hasil *mean* (rata-rata) pengaruh variasi TI juga semakin menurun. Hasil nilai *mean* pengaruh variasi TI terhadap nilai CNR seluruh jaringan menunjukkan nilai tertinggi pada variasi TI 400 ms. Nilai *mean* untuk jaringan CSF-WM, WM-GM, GM-CSF, dan Hka-Hki pada variasi TI 400 ms secara berurutan memiliki nilai 271,51; 69,77; 201,74; 8,22 (Lampiran 7). Nilai ini merupakan nilai *mean* tertinggi daripada nilai *mean* variasi TI lainnya.

Selanjutnya untuk menunjukkan nilai signifikansi dari hasil uji multivariat, yaitu untuk mengetahui tingkat signifikansi atau seberapa besar pengaruh variasi TI terhadap nilai CNR, uji MANOVA memberi hasil bahwa perlakuan variasi TI memiliki pengaruh yang bermakna terhadap nilai CNR untuk jaringan CSF-WM, WM-GM, GM-CSF baik pada kelompok responden normal maupun kelompok responden kelainan dengan ditunjukkan hasil nilai  $p$  sebesar  $0,000 < 0,05$ . Berbeda

dengan nilai CNR jaringan Hka-Hki terhadap adanya pengaruh perlakuan variasi TI pada kelompok responden normal memiliki pengaruh yang tidak bermakna dengan nilai  $p$  sebesar  $0,206 > 0,05$ , sedangkan pada kelompok responden kelainan memiliki pengaruh yang bermakna dengan nilai  $p$  sebesar  $0,034 < 0,05$ . Hasil uji dapat dilihat pada Lampiran 7.

Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh variasi TI pada nilai CNR jaringan Hka-Hki responden kelainan lebih berpengaruh daripada pengaruh variasi TI pada responden normal. Menegaskan bahwa TI mampu membandingkan hipokampus kanan dan hipokampus kiri pada kasus kelainan daerah hipokampus. Untuk mengetahui perbedaan yang signifikan antar perlakuan variasi TI maka dilakukan uji *Post Hoc*. Hasil uji *Post Hoc Tukey* untuk nilai CNR jaringan CSF-WM, WM-GM, GM-CSF dan Hka-Hki menunjukkan bahwa minimal ada satu perbedaan yang signifikan pada variasi TI. Perbedaan signifikan antar perlakuan disajikan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Diagram nilai CNR terhadap variasi TI seluruh jaringan. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan nilai signifikansi berdasarkan uji *Post Hoc* ( $\alpha = 0,05$ ).

Uji lanjutan menggunakan uji korelasi *Pearson*, uji ini digunakan untuk mengetahui hubungan antara variasi TI dengan nilai CNR seluruh jaringan. Berdasarkan hasil uji korelasi *Pearson*, korelasi antara variasi nilai TI dengan nilai CNR memiliki nilai korelasi yang negatif. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan variasi TI dengan nilai CNR jaringan adalah berbanding terbalik. Semakin meningkat nilai variasi TI maka nilai CNR seluruh jaringan yang dievaluasi akan semakin menurun. Selain itu, hasil uji korelasi *Pearson* juga menunjukkan bahwa pengaruh variasi TI terhadap nilai CNR jaringan CSF-WM, WM-GM, dan GM-CSF sangat kuat. Hal ini ditunjukkan dengan hasil hubungan yang signifikan pada tingkat  $\alpha = 0,01$ . Hal ini berbeda dengan hasil uji korelasi *Pearson* variasi TI terhadap nilai CNR jaringan Hka-Hki menunjukkan pengaruh yang lemah, dengan ditunjukkan hasil hubungan signifikan pada tingkat  $\alpha = 0,05$  (Lampiran 7).

Hasil dari beberapa uji yang dilakukan menyimpulkan bahwa variasi TI berpengaruh terhadap nilai CNR jaringan dengan hubungan yang berbanding terbalik. Semakin meningkat nilai TI, maka nilai CNR jaringan relatif mengalami penurunan. Peningkatan variasi TI, mengakibatkan intensitas sinyal pada jaringan mengalami peningkatan dengan diketahui dari peningkatan nilai SNR. Dampak dari peningkatan intensitas ini mengakibatkan terjadinya peningkatan kontras pada jaringan yang dievaluasi. Menyebabkan kemampuan dalam membedakan jaringan yang berdekatan relatif sulit, karena hasil yang didapat menunjukkan citra dengan kontras yang mirip. Kontras yang mirip terjadi karena pada daerah yang lebih hipointens (gelap) akan terjadi peningkatan intensitas sehingga akan semakin

terang, sedangkan pada daerah yang lebih hiperintens (terang) akan tetap karena telah memenuhi ambang intensitas piksel citra. Oleh karena itu, nilai CNR jaringan akan menurun akibat dari semakin meningkatnya waktu pembalik (TI).

Hal ini sesuai dengan Westbrook (2011), yang menyatakan bahwa kontras suatu citra, salah satunya dipengaruhi oleh parameter waktu pembalik (TI). Pada penelitian ini, pengaruh variasi TI terhadap kontras citra berbanding terbalik, dimana hasil yang diperoleh menyatakan bahwa nilai TI terendah menghasilkan nilai CNR tertinggi. Penelitian lain juga menyatakan bahwa semakin rendah nilai TI yang digunakan dalam pencitraan dengan sekuen pulsa IR mampu menghasilkan nilai CNR (kontras) terbaik (Hou, 2005). Hasil citra T1 TIR pada penelitian ini menyatakan bahwa semakin bertambahnya nilai variasi TI, kemampuan dalam membedakan jaringan CSF-WM, WM-GM, GM-CSF, dan Hka-Hki semakin rendah atau menurun.

#### **4.4 Analisis Variasi TI untuk Citra Optimal**

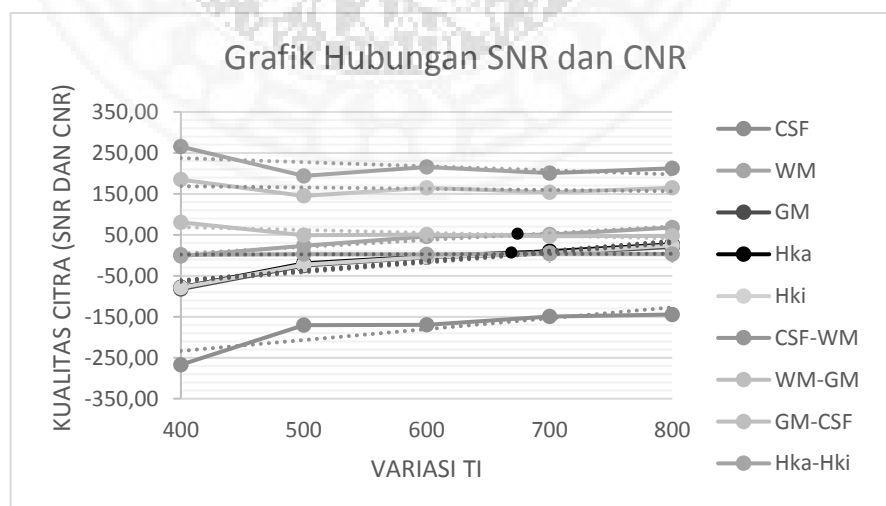
Pada penelitian ini dilakukan peninjauan hasil citra *coronal* T1 TIR sebagai pemeriksaan MRI kepala untuk identifikasi kelainan epilepsi. Berdasarkan analisis kualitas citra T1 TIR yang telah dilakukan dengan analisis nilai SNR dan nilai CNR jaringan yang dievaluasi, dapat disimpulkan bahwa nilai SNR dan nilai CNR jaringan pada variasi nilai TI berbanding terbalik. Dengan kata lain semakin meningkat nilai SNR suatu jaringan, nilai CNR semakin menurun pada setiap kenaikan variasi TI. Citra T1 TIR diperoleh dengan mengaplikasikan sekuen pulsa *Inversion Recovery* (IR) dengan pengaturan parameter waktu pembalik yaitu *Time Inversion* (TI).

Citra T1 TIR ini menghasilkan citra yang sensitif terhadap jaringan *fat* (lemak), sehingga pada penelitian ini nilai SNR dan nilai CNR jaringan yang ditinjau yaitu pada jaringan *white matter* (WM), *gray matter* (GM), hipokampus kanan (Hka), dan hipokampus kiri (Hki). Hasil analisis nilai SNR dan nilai CNR pada jaringan tersebut, kemudian dilakukan analisis hubungan keduanya untuk mendapatkan hasil variasi TI yang tepat dalam menghasilkan kualitas citra yang optimal. Kualitas citra optimal yang dimaksud yakni mendapatkan nilai SNR dengan kualitas baik, tetapi juga mempertimbangkan nilai CNR yang mampu menghasilkan perbedaan jaringan yang cukup baik pula. Pada penelitian ini, untuk menentukan kualitas citra yang optimal dilakukan analisis korelasi variasi TI yang menghasilkan nilai SNR dan nilai CNR pada titik yang sama. Untuk memperoleh titik yang sama antara nilai SNR dan CNR, dilakukan analisis matematis dengan menghasilkan persamaan garis antara nilai SNR dan nilai CNR terhadap variasi TI.

Berdasarkan Hashemi (1997) dalam Rochmayanti (2013), menyatakan bahwa dalam MRI ada dua parameter, yaitu parameter primer dan parameter sekunder yang memengaruhi hasil dari suatu kualitas citra MRI. Parameter primer yang dimaksud adalah *Time Repeation* (TR), *Time Echo* (TE), *Time Inversion* (TI) dan *Flip Angel* (FA) yang berpengaruh terhadap kontras citra. *Slice thickness* dan *interslice gap* memengaruhi area yang diperiksa (*coverage*). *Field of View* (FOV), *frekuensi encoding* dan *fase encoding* berpengaruh terhadap resolusi dan SNR. Sedangkan *Number of Signals Averaged* (NSA) / *Number of Excitation* (NEX) dan *bandwidth* berpengaruh terhadap SNR. Parameter Sekunder terdiri atas SNR, waktu *scanning*, *coverage*, resolusi, dan kontras citra.

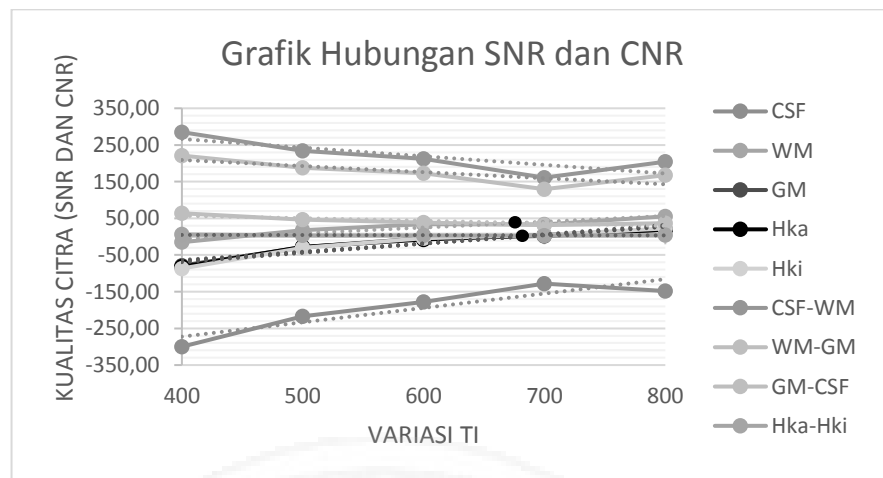
Pada penelitian sebelumnya, untuk menghasilkan citra yang optimal, dilakukan analisis matematis dengan menghasilkan persamaan garis antara nilai SNR dan waktu *scanning* terhadap variasi NSA, dimana nilai SNR dan waktu *scanning* merupakan parameter sekunder yang memengaruhi kualitas citra (Rochmayanti, 2013). Oleh karena itu, pada penelitian kali ini analisis matematis untuk menghasilkan persamaan garis antara nilai SNR dan nilai CNR jaringan dapat diterapkan, karena waktu *scanning* dan kontras citra (CNR) sama-sama merupakan parameter sekunder dalam memengaruhi hasil kualitas citra MRI. Penentuan nilai optimal akan dilakukan pada semua responden baik kelompok responden normal maupun kelompok responden kelainan. Hasil penentuan nilai optimal kelompok responden normal digunakan sebagai kontrol dan akan dibandingkan dengan hasil nilai optimal kelompok responden kelainan.

Hasil persamaan garis nilai SNR dan nilai CNR pada masing-masing responden terlihat pada Gambar 4.8 sampai 4.19.

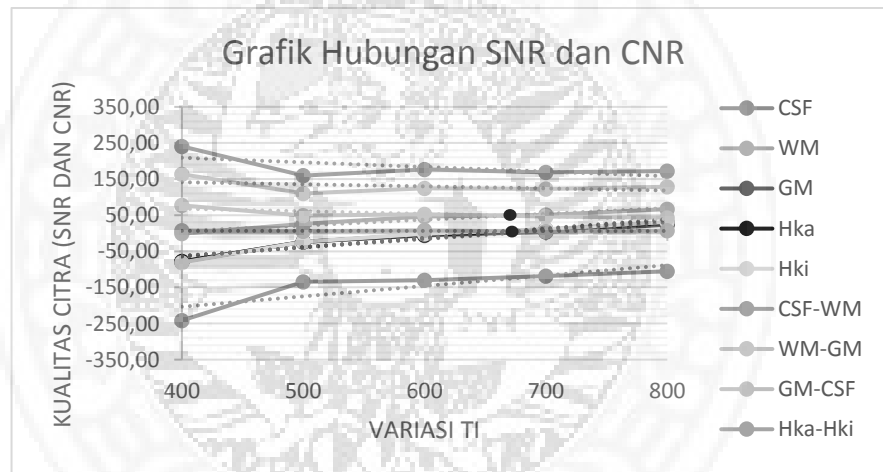


Gambar 4.8 Grafik hubungan SNR dan CNR terhadap variasi TI normal 1

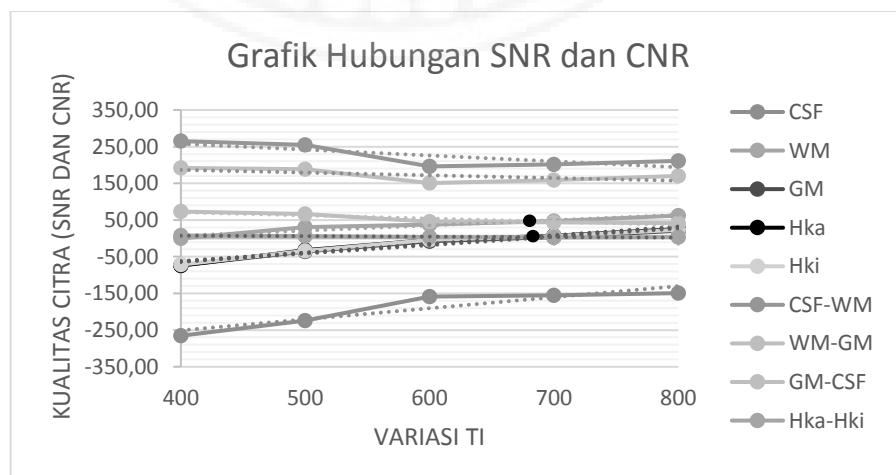




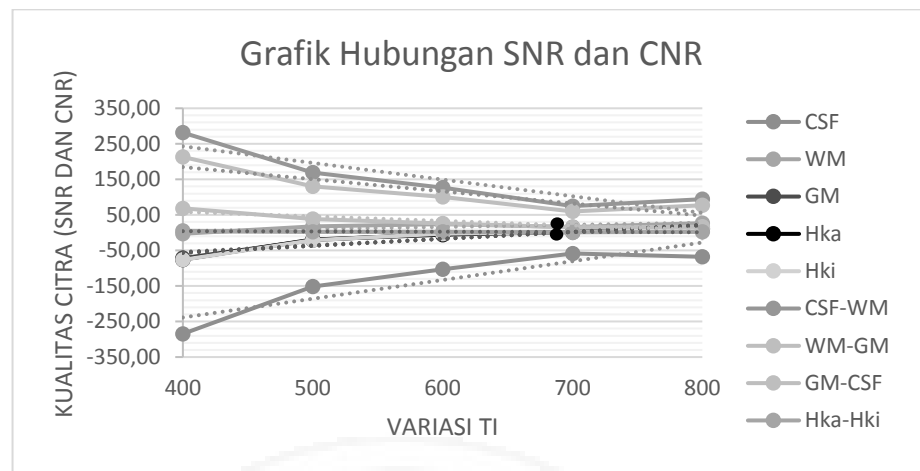
Gambar 4.9 Grafik hubungan SNR dan CNR terhadap variasi TI normal 2



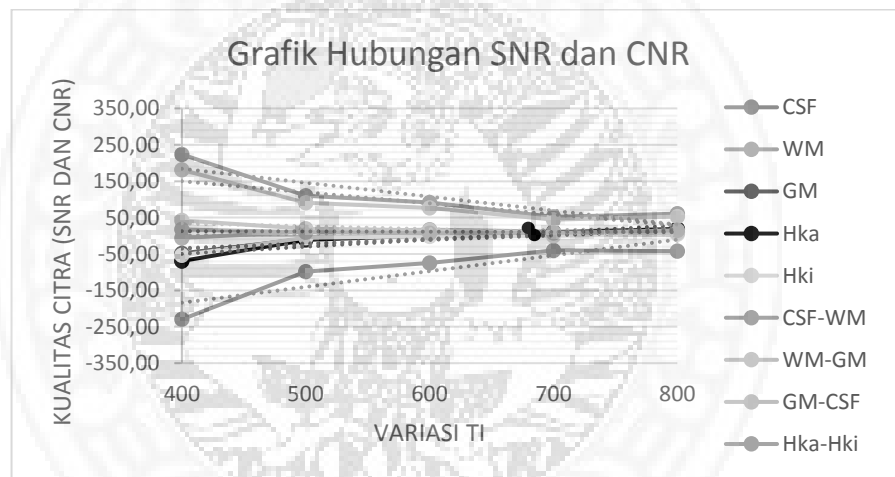
Gambar 4.10 Grafik hubungan SNR dan CNR terhadap variasi TI normal 3



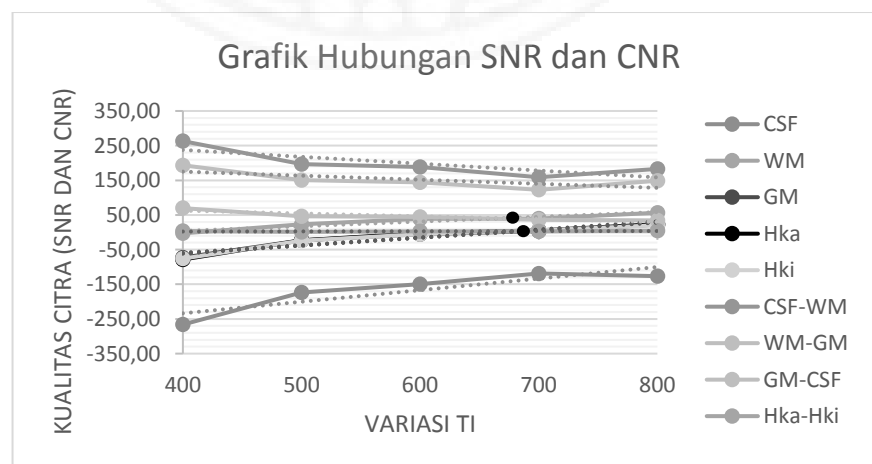
Gambar 4.11 Grafik hubungan SNR dan CNR terhadap variasi TI normal 4



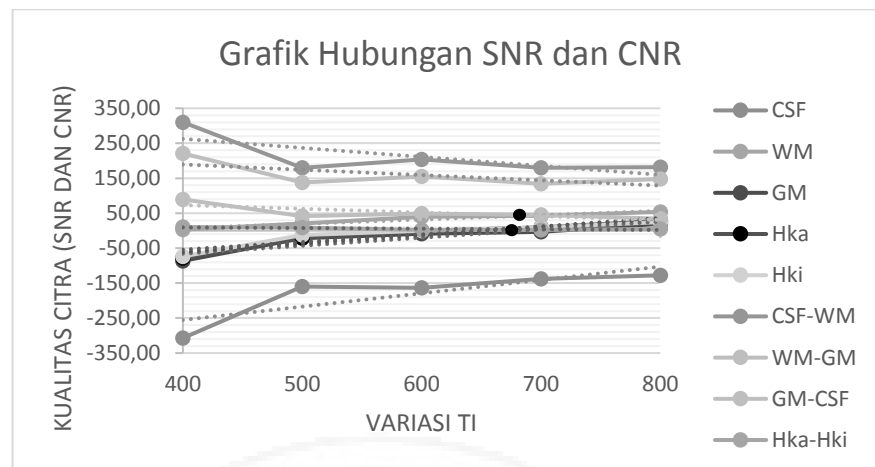
Gambar 4.12 Grafik hubungan SNR dan CNR terhadap variasi TI normal 5



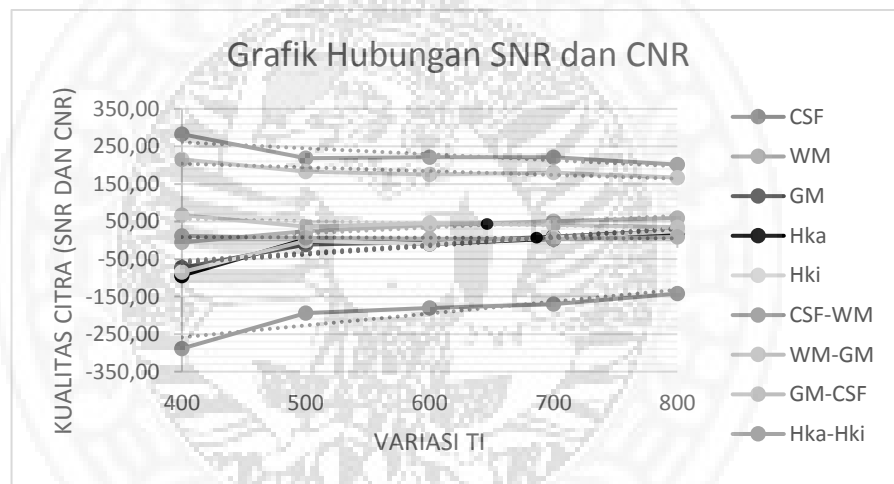
Gambar 4.13 Grafik hubungan SNR dan CNR terhadap variasi TI normal 6



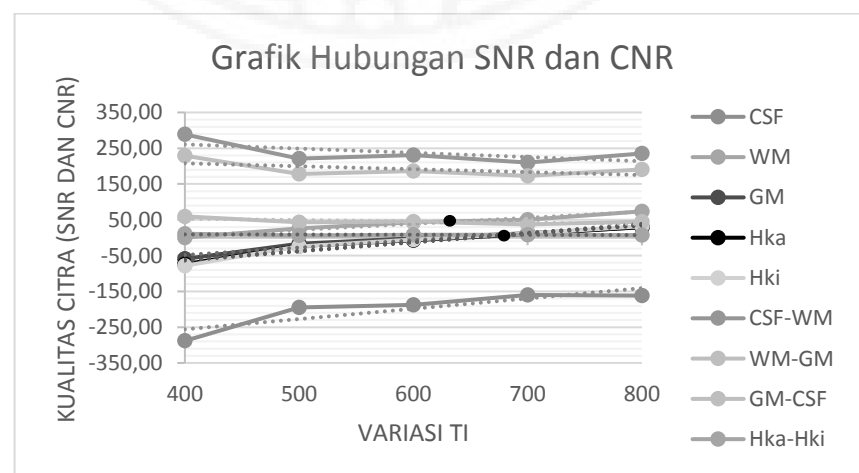
Gambar 4.14 Grafik hubungan SNR dan CNR terhadap variasi TI normal 7



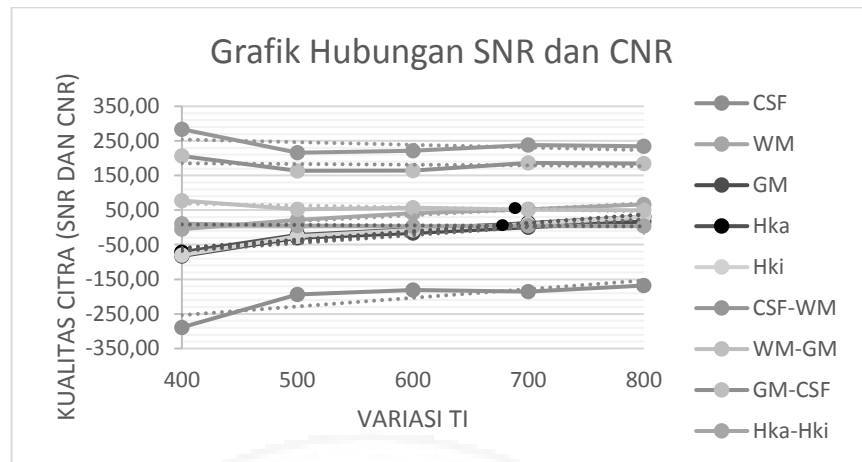
Gambar 4.15 Grafik hubungan SNR dan CNR terhadap variasi TI normal 8



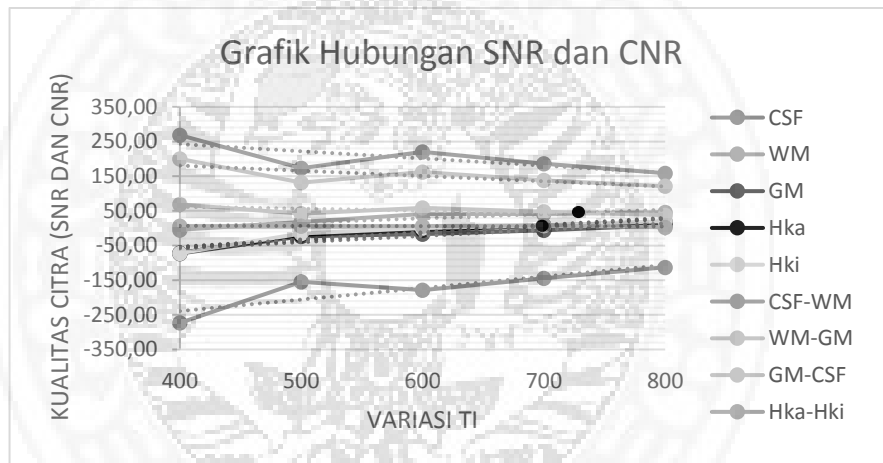
Gambar 4.16 Grafik hubungan SNR dan CNR terhadap variasi TI kelainan 1



Gambar 4.17 Grafik hubungan SNR dan CNR terhadap variasi TI kelainan 2



Gambar 4.18 Grafik hubungan SNR dan CNR terhadap variasi TI kelainan 3



Gambar 4.19 Grafik hubungan SNR dan CNR terhadap variasi TI kelainan 4

Pengaruh variasi nilai waktu pembalik (TI) terhadap hasil citra terlihat pada grafik hubungan nilai SNR dan nilai CNR Gambar 4.8 sampai Gambar 4.19 dari duabelas responden. Grafik Gambar 4.8 sampai Gambar 4.15 merupakan hasil analisis dari kelompok responden normal, sedangkan grafik Gambar 4.16 sampai Gambar 4.19 merupakan hasil analisis dari kelompok responden kelainan. Hasil dari analisis penelitian ini menunjukkan bahwa nilai SNR dan nilai CNR sebagai analisis kualitas citra berbanding terbalik. Terlihat bahwa nilai SNR sebanding

dengan kenaikan nilai variasi TI, sedangkan kenaikan nilai variasi TI terhadap nilai CNR berbanding terbalik. Pengaruh dari waktu pembalik (TI) terhadap nilai SNR dan nilai CNR yang memiliki pengaruh yang berbeda ini, menjadi pertimbangan dalam pemilihan nilai waktu pembalik (TI) yang tepat untuk menghasilkan kualitas citra yang optimal dalam pemeriksaan MRI kepala pada citra T1 TIR *coronal*.

Oleh karena itu, dilakukan analisis untuk mendapatkan variasi TI yang tepat dengan mencari nilai median dari rentang variasi TI 400 ms – 800 ms mengingat hasil nilai SNR tertinggi pada TI 800 ms dan nilai CNR tertinggi pada TI 400 ms. Analisis untuk mendapatkan nilai median pada range variasi TI 400 ms – 800 ms dengan memperoleh titik potong antara nilai SNR dan nilai CNR jaringan yang ditinjau. Titik potong yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai SNR dan nilai CNR jaringan berada pada nilai yang sama dan berada pada rentang variasi TI yang sama pula. Hal ini menunjukkan bahwa nilai SNR dan nilai CNR pada nilai yang sama ini merupakan nilai median dari rentang variasi TI 400 ms – 800 ms yang tepat dalam menghasilkan kualitas citra yang optimal. Pada penelitian ini, kualitas citra optimal adalah pada nilai SNR dan nilai CNR yang sama karena pada nilai yang sama ini, baik nilai SNR maupun nilai CNR jaringan yang ditinjau saling menguatkan untuk mendapatkan kualitas citra T1 TIR *coronal* yang optimal dalam pemeriksaan MRI kepala.

Berdasarkan hasil korelasi hubungan nilai SNR dan nilai CNR duabelas responden pada grafik Gambar 4.8 sampai Gambar 4.15 untuk kelompok responden normal dan grafik Gambar 4.16 sampai Gambar 4.19 untuk responden kelainan terhadap variasi waktu pembalik (TI), dapat terlihat bahwa titik potong antara nilai

SNR dan nilai CNR jaringan secara keseluruhan dari dua kelompok tersebut terjadi pada rentang variasi TI 600 ms – 700 ms. Pada grafik hubungan SNR dan CNR terhadap waktu pembalik (TI), titik potong yang terjadi ditunjukkan dengan titik hitam (●) dan perpotongan yang terjadi antara nilai SNR jaringan WM dengan nilai CNR WM-GM serta antara nilai SNR jaringan GM, Hka, Hki dengan nilai CNR Hka-Hki. Oleh karena itu, hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa citra optimal T1 TIR pada pemeriksaan MRI kepala yaitu pada rentang nilai variasi waktu pembalik (TI) 600 ms – 700 ms. Akan tetapi penelitian yang telah dilakukan, belum mempertimbangkan filosofi *image processing* sehingga untuk melakukan analisis *image processing* dapat dilanjutkan dengan pengkajian mendalam terkait *image processing* diantaranya parameter ROI, *noise*, dan *background*.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu pembalik (TI) berpengaruh signifikan terhadap nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) jaringan pada hasil citra T1 TIR coronal pemeriksaan MRI kepala. Pengaruh waktu pembalik (TI) terhadap nilai SNR jaringan adalah sebanding, dimana semakin meningkat nilai waktu pembalik (TI) maka nilai SNR jaringan juga semakin meningkat. Hal ini karena akibat dari terjadinya relaksasi atom hidrogen yang cukup lama dalam penangkapan MRI *signal* sehingga intensitas piksel cukup terang.
2. Variasi nilai waktu pembalik (TI) berpengaruh signifikan terhadap nilai *Contrast to Noise Ratio* (CNR) jaringan pada hasil citra T1 TIR coronal pemeriksaan MRI kepala. Pengaruh variasi waktu pembalik (TI) terhadap nilai CNR jaringan adalah berbanding terbalik, dimana semakin meningkat nilai waktu pembalik (TI) maka nilai CNR jaringan mengalami penurunan. Hal ini karena MRI *signal* yang tertangkap cukup kuat yang mampu mendemonstrasikan secara jelas daerah yang hipointens (gelap) sedangkan daerah hiperintens (terang) memiliki intensitas yang tetap. Oleh karena itu, kemampuan dalam membedakan daerah yang berdekatan tidak terlalu jelas.

3. Kualitas citra optimal ditentukan dengan nilai SNR dan nilai CNR jaringan yang optimal pula. Pada citra T1 TIR coronal pemeriksaan MRI kepala, kualitas citra optimal diperoleh pada nilai variasi waktu pembalik (TI) dengan rentang 600 ms – 700 ms.

## 5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini, saran untuk penelitian lebih lanjut, yaitu :

1. Berdasarkan penelitian ini, merekomendasikan penggunaan waktu pembalik TI dengan rentang antara 600 ms sampai dengan 700 ms pada pencitraan T1 TIR coronal pemeriksaan MRI kepala. Mempertimbangkan hasil nilai SNR dan CNR jaringan untuk menghasilkan citra terbaik dalam mendeteksi kelainan saraf epilepsi.
2. Pada penelitian lanjutan, diharapkan menggunakan nilai parameter terkendali TE dengan rentang yang pendek antara 10 ms sampai 20 ms sesuai acuan Westbrook 2011 untuk menghasilkan citra T1 *weighted* yang lebih optimal pada hasil anatomis.
3. Pada penelitian lanjutan, untuk optimalisasi citra T1 TIR coronal dengan sekuen pulsa *Inversion Recovery* (IR) pada variasi waktu pembalik rentang medium 400 ms sampai 800 ms menggunakan interval variasi lebih kecil dari 100 ms.
4. Penelitian lanjutan diarahkan untuk pengkajian mendalam tentang analisis *image processing* citra pemeriksaan MRI diantaranya parameter ROI, *noise*, dan *background*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed S. Nizam., Spencer SS. 2004. *An Approach to the Evaluation of a Patient for Seizures and Epilepsy*. Wisconsin Medical Journal, 103(1) : 49-55.
- Alam-Eldeen Mohamad H., Nahla MA. 2015. *Assessment of the diagnostic reliability of brain CT and MRI in pediatric epilepsy patients*. The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine.
- Berglund, Johan. 2011. *Separation of Water and Fat Signal in MRI*. Upsalla Iniversitet. Sweden.
- Bjornerud, Atle. 2008. *The Physics of Magnetic Resonance Imaging*. Departement of Physics. University of Oslo. Oslo.
- Blink, Evert J. 2004. *Basic MRI : Physics*. Application Specialist. English. Netherlands Hal: 21-22.
- Bontrager, Kenneth L. 2001. *Textbook Radiographic Positioning and Related Anatomy*. Mosby A Harcourt Science Company, St. Louis London Philadelphia Sydne. Toronto.
- Brown, Mark A., Richrad CS. 2003. *MRI Basic Principles and Applications. Third Edition*. John Wiley and Sons., Hoboken, New Jersey. Canada.
- Bushberg, Jerrold T. 2002. *The Essential Physics of Medical Imaging*. Second Edition. New York Lippincoot Williams and wilkins. Philadelphia. USA.
- Damanik, Alpha O. Martua., Muchammad Azam, Muhammad Nur. 2005. *Pengaruh Parameter Teknis TR, TE, dan TI dalam Pembobotan T1, T2, dan FLAIR Pencitraan Magnetic Resonance Imaging (MRI)*. Vol 8. No.1. Hal 15-20.
- Fatimah., J. Dahjono, Metria Riza Sativa. 2015. *Optimasi Field of View (FOV) terhadap Kualitas Citra pada T2WI FSE MRI Lumbal Sagital*. JimeD. Vol 1. No.1. ISSN 2356-301X.
- Fisher R. S., Van Emde BW, Blume W, Elger C, Genton P, Lee P, Engel J Jr. 2005. Epileptic seizures and epilepsy: definitions proposed by the International League Against Epilepsy (ILAE) and the International Bureau for Epilepsy (IBE). *Epilepsia*. 46(4): 470–472.
- Foldvary Nancy., Wyllie E. 1999. *Textbook of Clinical Neurology*. 1st edition. Philadelphia: WB Saunders Company.
- Gaillar W. D., Chiron C, Cross JH, Harvey S, Kuzniecky R, Hertz-Pannier L, Vezina LG. 2009. *Guidelines for imaging infants and children with recent-onset epilepsy*. *Epilepsia*;50:2147-53.

- Ginsberg, Lionel. 2007. *Lecture Notes : Neurologi*. Alih bahasa Wardhani, Indah, Retno. Edisi 8. Erlangga. Jakarta.
- Ghozali, Imam. 2011. *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program SPSS*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang.
- Hasan R. 2007. *Buku Kuliah 2 Ilmu Kesehatan Anak*. Alatas H, Editor Jakarta: FK UI. Hal: 847-860.
- Hou, Ping, dkk. 2015. *Phase-Sensitive T1 Inversion Recovery Imaging: A Time-Efficient Interleaved Technique for Improved Tissue Contrast in Neuroimaging*. AJNR Am J Neuroradiol 26:1432-1438. Houston. Texas.
- IDAI. 2009. *Kejang Demam*. Ikatan Dokter Anak Indonesia.
- Lumbantobing S. 1999. *Etiologi Dan Faal Sakitan Epilepsi*. Dalam: Soetomenggolo Taslim, Ismael Sofyan, Penyunting. *Neurologi Anak*. Jakarta: Badan Penerbit IDAI. Hal:197-203.
- Mardjono M. 2003. *Pandangan Umum Tentang Epilepsi dan Penatalaksanaannya dalam Dasar-Dasar Pelayanan Epilepsi & Neurologi*. Agoes A (editor); 129-148.
- Markam S, Gunawan S, Lazuardi S. 2009. *Diagnostik Epilepsi*. Dalam: Markam Soemarmo, penyunting. *Penuntun Neurologi*. Edisi 1. Binarupa Akasara. Tangerang. Hal:103-113.
- McRobbie, Donald W., Elizabeth AM, Martin JG, Martin RP. 2006. *MRI from Picture to Proton. Second Edition*. Cambridge University Press. New York. Hal: 33-36.
- Melhem, Elias R., Robert JB, Richard EW. 1998. *Usefulness of Optimized Gadolinium-Enhanced Fast Fluid-Attenuated Inversion Recovery MR Imaging in Revealing Lesions of the Brain*. American Journal Radiology.
- Moder, Karl. 2010. *Alternative to F-Test in One Way ANOVA in case of heterogeneity of variances (a simulation study)*. Psychological Test and Assessment Modeling. Volume 52(4):343-353.
- Notosiswoyo, Mulyono., Susy S. 2004. *Pemanfaatan Magnetic Resonance Imaging (MRI) Sebagai Sarana Diagnosa Pasien*. Dosen Poltekkes Jurusan ATRO.
- Nugroho, Agung. 2009. *Pengaruh Variasi Time Echo (TE) terhadap Citra Fluid-Attenuated Inversion Recovery (FLAIR) MRI Otak*. Jurusan teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Politeknik Kesehatan Depkes. Semarang
- Octaviana F. 2008. *Epilepsi*. Medicinus. 21(4):121-124.
- Oguni H. 2004. *Diagnosis and Treatment of Epilepsy*. Epilepsia. 48 (Suppl.8):13-16.

- Phal, Pramit M., Usmanov A, Nesbit GM, Anderson JC, Spencer D, Wang P, Helwig JA, Roberts C, Hamilton BE. 2008. *Qualitative Comprison of 3 T and 1,5 T MRI in the Evaluation of Epilepsy*. American Journal Radiology.
- Pinzon R. 2006. *Karakteristik Epidemiologi Onset Anak-Anak; Telaah Pustaka Terkini*. Dexa Media. 19(3):131-133.
- Priyawati, Diah., Indah Soesanti, Indriana Hidayah. 2015. *Kajian Pustaka Metode Segmentasi Citra pada MRI Tumor Otak*. Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas teknik Universitas Gadjah Mada. Prosiding SNST ke-6 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim. Semarang.
- Purba, J. S. 2008. *Epilepsi : Permasalahan di Reseptor atau Neurotrasmmitter*. Medicinus. 21(4): 99-100.
- Raharjo T. B. 2007. *Faktor-Faktor Risiko Epilepsi pada Anak di Bawah Usia 6 Tahun* [Tesis]. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Rasad, Sjahriar. 2005. *Radio Diagnostik*. Edisi 2. Balai Penerbit FKUI. Jakarta.
- Reiser, Maximilian F., Hricak H, Knauth M. 2013. *MRI in Epilepsy*. Urbach, H (editor). Departement of Neuroradiology Universitas Hospital Freiburg Germany. Springer Heidelberg New York Dordrecht. London.
- Robert, Haslam. 2000. *Sistem Saraf; Bab 543 Kejang-Kejang Pada Masa Anak*. Dalam: Nelson Waldo E, penyunting. Nelson Ilmu Kesehatan Anak. Edisi-15. Volume-3, diterjemahkan oleh Wahab Samik. Jakarta. EGC. Hal: 2056-2060.
- Rochmayanti, Dwi., Thomas Sri W, Indah Soesanti. 2013. *Analisis Perubahan Parameter Number of Signals Averaged (NSA) terhadap Peningkatan SNR dan Waktu Pencitraan pada MRI*. JNTETI Vol 2. No 4.
- Simanjuntak, Josepa ND., Muhammad N, Eko H. 2014. *Studi Analisis Echo Train Length dalam K-space serta Pengaruhnya terhadap Kualitas Citra Pembobotan T2 FSE pada MRI 1,5 T*. Vil 17. No.1. Hal 7-12.
- Simens Medical. 2003. *Magnet Spin and Resonance*. Simens AG.
- Sofyan, Ismail. 1999. *Klasifikasi Bangkitan Atau Serangan Kejang Pada Epilepsi*. Dalam: Soetomenggolo Taslim, Ismael Sofyan, Penyunting. Neurologi Anak. Jakarta: Badan Penerbit IDAI. Hal: 204-209.
- Sulistyo, Wiwi., Yos Richard Bech, Filipus Frans Y. 2009. *Analisis Penerapan Metode Median Filter untuk Mengurangi Noise pada Citra Digital*. Fakultas Teknologi Informasi Universitas Ktisten Satya Wacana. Konferensi Nasional Sistem dan Informatika. Bali.
- Sunaryo, Utoyo. 2007 *Diagnosis Epilepsi Lengkap*. Jurnal Ilmiah Kedokteran Wijaya Kusuma;1(1):1-68.

- Sutoyo, T., Mulyanto E, Suharyanto V, Nurhayati O, Wijanarto. 2009. *Teori Pengolahan Citra Digital*. Penerbit ANDI dengan UDINUS. Semarang.
- Suwarba, I Gusti NM. 2011. *Insidensi dan Karakteristik Klinis Epilepsi pada Anak*. Jurnal Sari Pediatri. 13(2):124.
- The Commision on clasifcation and Terminology of the International League Against Epilepsy. 2005. *Proposal for revised clinical and alectroencephalographic classification of epileptic seizures*. Epilepsia. 22: 489-501.
- Tjahjadi P, Dikot Y, Gunawan D. 2007. *Gambaran Umum Mengenai Epilepsi*. Dalam : Harsono, penyunting. Kapita Selekta Neurologi. Edisi Ke-2. Yogyakarta : Gajahmada University Press. Hal:119-133.
- Uganda, Yuliana. 2014. *Epilepsi*. Talk Show Purple Day Peringatan Hari Epilepsi Sedunia. Eka Hospital. Jakarta.
- Westbrook, Catherine., Carolyn K, John T. 2011. *MRI in Practice*. Fourth Edition. Blackwell Science. London.
- Zhu, David C., Richard D. Penn. 2005. *Full-Brain T1 Mapping thourgh Inversion Recovery Fast Spin Echo Imaging with Time-Efficient Slice Ordering*. Department of Radiology. University of Chicago, Illinois, USA.

## LAMPIRAN 1

### PENJELASAN SINGKAT PENELITIAN

#### A. Judul :

Pengaruh Variasi Waktu Pembalik (*Time Inversion*) terhadap Citra *Coronal* Studi Pemeriksaan MRI Kepala (studi kasus: kelainan saraf epilepsi)

#### B. Penjelasan Penelitian

Kelainan saraf pada kepala terutama pada bagian otak memiliki klasifikasi dan penyebab yang berbeda-beda. Otak merupakan organ yang sangat penting, karena selain mengontrol diri sendiri dalam fungsi kognitif, juga mengontrol fungsi motorik untuk seluruh organ tubuh. Beberapa kemungkinan kelainan saraf sulit untuk dideteksi secara langsung tanpa pemeriksaan tambahan yang menunjang identifikasi kelainan tersebut. Salah satu kelainan saraf yang sulit diidentifikasi tanpa pemeriksaan yang mendalam adalah kelainan saraf epilepsi karena terjadinya serangan epileptik pada umumnya tanpa adanya faktor yang memprovokasi.

Menurut WHO tahun 2009, epilepsi merupakan gangguan neurologis kronis yang dapat terjadi di segala usia. Epilepsi dikenal sebagai salah satu kondisi tertua di dunia, sekitar 50 juta orang di dunia mengidap epilepsi. Angka kejadian epilepsi masih tinggi terutama di negara berkembang yang mencapai 114 (70-190) per 100.000 penduduk per tahun. Bila jumlah penduduk di Indonesia berkisar 220 juta, maka diperkirakan jumlah penyandang epilepsi per tahunnya adalah 250.000. Setiap orang berkemungkinan sekitar 5% menderita satu atau lebih serangan epileptik selama hidupnya.

Masalah dalam penanganan epilepsi adalah menentukan dengan pasti diagnosis epilepsi sehingga sebelum pengobatan dimulai diagnosis epilepsi harus ditegakkan terlebih dahulu. Diagnosis dan pengobatan epilepsi tidak dapat dipisahkan sebab pengobatan yang sesuai dan tepat hanya dapat dilakukan dengan diagnosis epilepsi yang tepat pula. Ada 4 cara dokter dalam mendiagnosis kelainan epilepsi antara lain, riwayat kejang, tes fisik, *elektroencephalograph* (EEG), dan pemeriksaan tambahan berupa pencitraan otak.

Pemeriksaan tambahan yang dilakukan adalah pemeriksaan radiologi yang merupakan pemeriksaan untuk melengkapi informasi hasil dari EEG. Pemeriksaan radiologi ini, bertujuan untuk melihat kelainan struktural di otak (pencitraan) yang sering disebut sebagai pemeriksaan neuroimaging. Dua yang paling umum digunakan dalam pemeriksaan adalah CT-scan dan MRI. Pada penelitian Suwarba tahun 2011 menyebutkan bahwa pada anak epilepsi

ditemukan hasil CT-scan kepala abnormal pada sekitar 7%-24% kasus, sedangkan MRI kepala abnormal ditemukan pada hampir 50% epilepsi fokal atau parsial. MRI adalah teknik pilihan yang lebih unggul daripada CT-scan karena dapat mengidentifikasi penyebab dasar epilepsi. Salah satu manfaat dari MRI yaitu, mampu membandingkan hipokampus kanan dan kiri. Selain itu, abnormalitas MRI otak yang paling banyak ditemukan pada penderita epilepsi parsial adalah sklerosis hipokampus. Fokus pemeriksaan pada kelainan epilepsi, adalah pada lobus temporalis tepatnya pada hipokampus kanan dan kiri. Pemeriksaan kelainan pada hipokampus dengan pencitraan MRI optimal adalah pada perpotongan *coronal*, dimana menghasilkan pencitraan dengan perpotongan pada sumbu Y.

Kelainan saraf epilepsi dapat dideteksi secara anatomis (letak kelainan) dengan melakukan beberapa pengaturan protokol atau parameter yang berlaku pada pesawat MRI. Pengaturan ini berfungsi untuk menghasilkan citra sesuai dengan kebutuhan pemeriksaan. Salah satu pengaturan yang dilakukan dalam mendeteksi kelainan saraf epilepsi adalah pengaturan pemboboan T1 dengan mengatur parameter TR (*time repetition*) dan TE (*time echo*). Selain itu, juga melakukan pengaturan sekuen *Inversion Recovery* (IR) agar hasil citra lebih jelas dan detail. Waktu yang dibutuhkan untuk mengontrol sinyal jaringan yang berbeda sehingga menghasilkan perbedaan kontras yang sangat jelas akibat pemberian sekuen pulsa *inversion recovery* disebut sebagai waktu pembalik (*time inversion*).

Oleh karena itu, variasi waktu pembalik (TI) akan mempengaruhi parameter kualitas hasil citra MRI dan waktu scan pemeriksaan MRI, sehingga hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan citra yang cukup jelas dan detail serta waktu scan pemeriksaan yang optimal dalam mendeteksi kelainan saraf epilepsi.

#### **Manfaat bagi Responden**

1. pasien mampu mendapatkan pelayanan yang optimal untuk melengkapi hasil rekam medisnya.
2. pasien menjadi volunteer yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang radiodiagnostik untuk mendeteksi kelainan saraf epilepsi secara tepat.

#### **C. Perlakuan yang Diterapkan Pada Responden**

##### **1. Pemilihan pasien studi pemeriksaan MRI kepala (kasus epilepsi)**

Disamping data medis diagnosis awal sebagai penderita kelainan saraf epilepsi dipilih pasien yang mengalami sebagian atau seluruh keluhan, antara lain:

- a. Mengalami gejala atau serangan yang merujuk pada bagian kelainan dan akan didiagnosis
- b. Mendapatkan rujukan dari dokter spesialis untuk pemeriksaan MRI kepala (kasus kelainan saraf epilepsi)
- c. Sudah dilakukan pemeriksaan penunjang lainnya yang masih belum bisa menegakkan diagnosis sesungguhnya.

## **2. Prosedur/langkah-langkah pasien mengikuti pemeriksaan MRI:**

- a. Pasien mengisi Chek List Pemeriksaan MRI untuk mengetahui hal-hal yang akan mempengaruhi hasil pemeriksaan MRI.
- b. Pasien menggunakan pakaian yang telah disediakan sebagai penunjang pemeriksaan MRI.
- c. Pasien meninggalkan benda-benda logam dan alat elektronik yang bisa mempengaruhi hasil pemeriksaan MRI, seperti : jam tangan, kunci, atau barang metal, kartu kredit, alat pacu jantung, alat bantu dengar dan barang-barang yang mengandung logam.
- d. Pasien harus mengikuti segala instruksi dari radiografer dalam proses pengambilan citra MRI.
- e. Pasien mendapatkan info untuk jadwal pengambilan hasil pemeriksaan MRI.

## **3. Penjelasan efek samping dan manfaat pemeriksaan MRI pada subyek/pasien**

- a. Pasien akan diberikan penjelasan oleh radiografer sebelum pemeriksaan dimulai bahwa dalam proses pemeriksaan akan terdengar suara bising yang ditimbulkan oleh mesin MRI namun suara bising tersebut tidak memberikan efek samping pada pasien.
- b. Pasien diberi penjelasan untuk waktu lamanya proses pemeriksaan MRI. Waktu ditentukan dengan melihat penyakit yang dialami, karena setiap pemeriksaan MRI memiliki waktu pemeriksaan yang berbeda-beda. Perbedaan waktu tersebut bertujuan untuk mendapatkan hasil pemeriksaan yang bagus dan sesuai agar proses diagnosa dapat ditegakkan.

## **4. Kompensasi untuk Pasien**

Pasien akan diberikan cinderamata yang telah disiapkan oleh pihak peneliti dan hasil pemeriksaan MRI berupa *soft copy* (CD) ketika hasil pemeriksaan MRI selesai.

**D. Bahaya Penelitian**

Tidak ada efek samping dalam proses pemeriksaan MRI kepala ini karena pemeriksaan dengan alat radiagnostik MRI tidak menggunakan radiasi pengion apapun. Akan tetapi kemungkinan pemeriksaan membutuhkan waktu scan pemeriksaan tambahan karena adanya 5 variasi waktu pembalik (*time inversion*) untuk menentukan dengan pasti hasil citra dan waktu scan pemeriksaan yang optimal bagi pasien.

**E. Jadwal Penelitian**

Pemeriksaan pasien dilaksanakan pada awal bulan maret hingga akhir bulan april. Setiap pasien akan diperiksa dengan waktu pembalik sebanyak 5 kali variasi, setiap pemeriksaan membutuhkan waktu antara 5 – 10 menit.

**F. Hak untuk Undur Diri**

Responden akan diberikan kesediaan atau tidak bersedia untuk dijadikan responden penelitian tanpa adanya paksaan, responden diperbolehkan berhenti sewaktu – waktu jika merasa tidak nyaman atau ada hal yang dirasa merugikan.

**G. Jenis Insentif**

Hasil pemeriksaan MRI kepala akan dikonsultasikan kepada team dokter yang menangani dan selanjutnya hasil pemeriksaan akan diberikan kepada responden berupa *soft copy* (CD). Responden mendapatkan cinderamata jika mengikuti penelitian sampai akhir/selesai.

**H. Contact Person**

Bila ada keluhan diluar waktu terapi responden dapat menghubungi penanggungjawab penelitian yaitu;

Nama Peneliti	: Hanu Lutvia
No.telp	: 085784510092 /
Email	: <a href="mailto:hanu.lutvia@yahoo.com">hanu.lutvia@yahoo.com</a>
Petugas Radiografer	: Akhmad Muzzamil
No.telp	: 085733052099
Email	: <a href="mailto:muzamilakhmad@gmail.com">muzamilakhmad@gmail.com</a>



## LAMPIRAN 2

## LEMBAR INFORM CONSENT

Setelah mendengar penjelasan tentang penelitian “Pengaruh Variasi Waktu Pembalik (*Time Inversion*) terhadap Citra *Coronal* Studi Pemeriksaan MRI Kepala (studi kasus: kelainan saraf epilepsi)” dan sudah diberi kesempatan untuk bertanya, maka bersama ini saya :

Nama lengkap :  
 Jenis kelamin : Laki / Perempuan \*  
 Umur :  
 Alamat :

Saya menyatakan **bersedia/ tidak bersedia** (\*) untuk mengikuti proyek penelitian tentang “Pengaruh variasi waktu pembalik (*time inversion*) dalam mendeteksi kelainan saraf epilepsi pada studi pemeriksaan MRI kepala” (ada atau tidaknya kelainan saraf epilepsi) sebagai pasien serta bersedia memberikan keterangan dengan sebenar-benarnya dan diperiksa secara cermat dalam penelitian ini.

Surabaya,.....

Tim Peneliti

Yang menyatakan,

(\_\_\_\_\_)

Nama jelas

(\_\_\_\_\_)

Nama jelas

Saksi

(\_\_\_\_\_)

Nama jelas

\*) *coret yang tidak perlu*

## LAMPIRAN 3

## CHECK LIST PEMERIKSAAN MRI

*(MAGNETIC RESONANCE IMAGING)*

**MRI (*Magnetic Resonance Imaging*)** merupakan alat penunjang diagnosa, yang menggunakan prinsip kerja kekuatan magnet dan tidak menggunakan sinar X sehingga tidak menimbulkan efek radiasi.

Bila anda memasuki ruang MRI, ada beberapa hal yang harus diperhatikan :

1. Mengenakan pakaian yang telah disiapkan.
2. Pasien meninggalkan benda-benda logam dan alat elektronik yang bisa mempengaruhi hasil gambar dan akan rusak karena medan magnet yang kuat, seperti: jam tangan, barang elektronik, kunci, barang metal, kartu kredit atau ATM, alat bantu dengar dan lain-lain.
3. Memakai alat pacu jantung adalah keadaan yang tidak mungkin untuk dilakukan pemeriksaan MRI (kontra indikasi).
4. Pasien diminta berbaring dimeja pemeriksaan dan tidak boleh banyak bergerak.
5. Selama dilakukan pemeriksaan akan terdengar suara keras (monoton Ritm) seperti bunyi mesin, yang menandakan alat MRI bekerja. Pemantauan dilakukan selama pemeriksaan berlangsung dan apabila merasakan hal-hal yang kurang nyaman staff kami siap membantu.
6. Untuk informasi, fasilitas MRI yang kami miliki dapat memberikan pilihan musik selama anda menjalani proses pemeriksaan.
7. Pemeriksaan MRI kadang menggunakan bahan kontras, dimana diberikan secara intrvena (dimasukkan ke dalam pembuluh darah vena) dan dosisnya tergantung berat badan anda. Penelitian memperlihatkan adanya resiko dari pemberian bahan kontras. Petugas radiologi akan memberitahu anda apakah anda perlu mendapatkan bahan kontras ini atau tidak.

Hal-hal berikut yang dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan MRI dan beberapa diantaranya dapat berakibat fatal. Centang dikolom YA/TIDAK.

- |  |                          |                             |
|--|--------------------------|-----------------------------|
| 1. Apakah anda memakai clips aneurisma otak ?              | <input type="radio"/> Ya | <input type="radio"/> Tidak |
| 2. Apakah anda memakai clip coronary artery bypass ?       | <input type="radio"/> Ya | <input type="radio"/> Tidak |
| 3. Apakah anda memakai clips transplantasi ginjal ?        | <input type="radio"/> Ya | <input type="radio"/> Tidak |
| 4. Apakah anda memakai protesis katub jantung ?            | <input type="radio"/> Ya | <input type="radio"/> Tidak |
| 5. Apakah anda pernah melakukan operasi ?                  | <input type="radio"/> Ya | <input type="radio"/> Tidak |
| Sebutkan ( misal : operasi kandung empedu dengan clips)    |                          |                             |
| 6. Apakah anda memakai alat pacu jantung (pacemaker paco)? | <input type="radio"/> Ya | <input type="radio"/> Tidak |

7. Apakah anda memakai clips penjepit aorta/pembuluh darah? ☐ Ya ☐ Tidak
8. Apakah anda memakai neurostimulator (tens unit) ? ☐ Ya ☐ Tidak
9. Apakah anda memakai IUD (alat kontrasepsi) ? ☐ Ya ☐ Tidak
10. Apakah anda memakai protesis mata ? ☐ Ya ☐ Tidak
11. Apakah anda memakai kosmetik di kelopak mata ? ☐ Ya ☐ Tidak
12. Apakah anda memakai/dipasang alat-alat orthopedic, seperti plate, screw, kawat, kepala sendi paha palsu dan sendi lutut palsu? ☐ Ya ☐ Tidak
13. Apakah anda memakai vena cava umrellas ? ☐ Ya ☐ Tidak
14. Apakah anda memakai insulin infussion pumps ? ☐ Ya ☐ Tidak
15. Apakah anda menderita penyakit anemia sickle cell ? ☐ Ya ☐ Tidak
16. Apakah anda mempunyai alergi, asma, menderita penyakit lain atau punya masalah penyakit lain atau mempunyai masalah kesehatan lain ? ☐ Ya ☐ Tidak  
Jika “Ya”, sebutkan penyakitnya.....
17. Apakah anda memakai alat bantu pendengaran atau gigi palsu atau protesis telinga tengah ? ☐ Ya ☐ Tidak
18. Apakah anda menderita epilepsi ? ☐ Ya ☐ Tidak
19. Apakah anda menderita Cloustraphobia ? (takut masuk lorong sempit) ☐ Ya ☐ Tidak
20. Apakah anda menderita jantung berdebar ? ☐ Ya ☐ Tidak
21. Apakah anda hamil trimester I ? ☐ Ya ☐ Tidak  
Jika “Ya” kapan menstruasi terakhir.....
22. Apakah anda bekerja dibengkel/dilingkungan yang memungkinkan kemasukan benda asing (pecahan logam dll) ? ☐ Ya ☐ Tidak

### Keterangan-keterangan yang diperlukan:

Nama : ..... Pr/Lk

Tempat Lahir : ..... Umur : ..... Tahun

Alamat : ..... Kota : .....

No Tlp/Hp : .....

Tinggi Badan : ..... cm Berat Badan : ..... kg

Saya menyatakan bahwa informasi yang saya berikan diatas adalah benar, dan saya mengerti atas semua resiko, komplikasi dan efek samping dari pemeriksaan MRI ini.

Surabaya,     /     /

Yang Memberikan Keterangan,

Saksi

(.....)

(.....)

Pasien/Orangtua Pasien/ Anak Pasien

Petugas Radiolog



## LAMPIRAN 4

## SERTIFIKAT LAIK ETIK



## LAMPIRAN 5

## SURAT KETERANGAN PENELITIAN

[illegible]

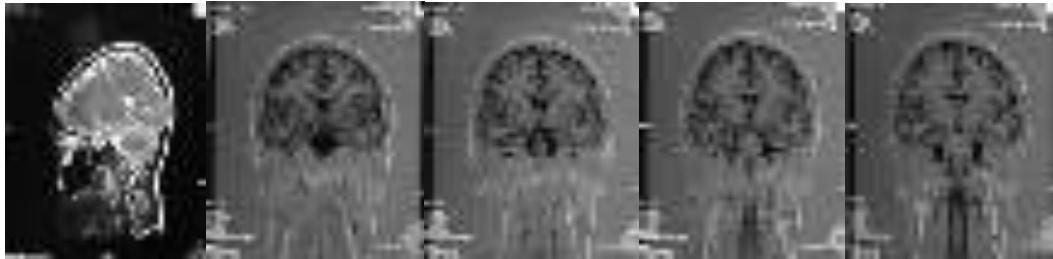




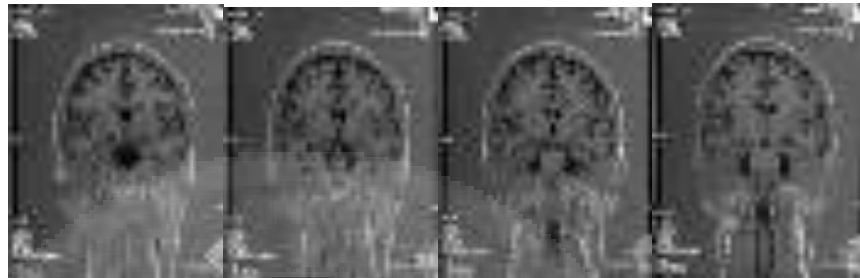




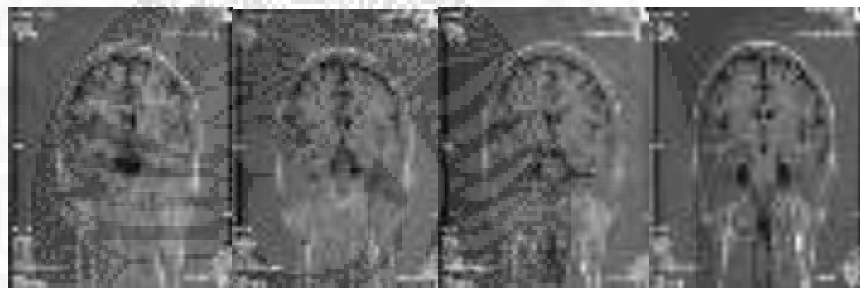
c. Gambar



TI 400 ms



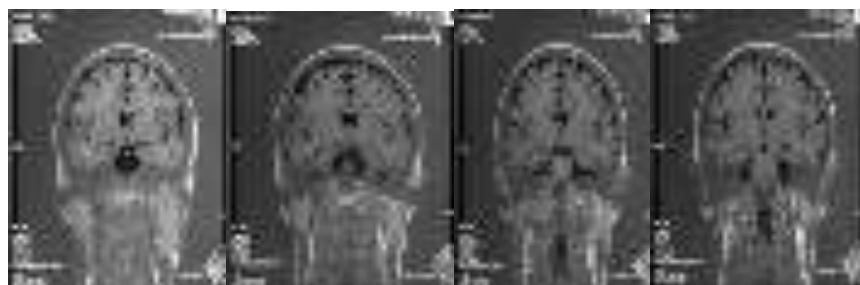
TI 500 ms



TI 600 ms



TI 700 ms



TI 800 ms

## d. Data ROI

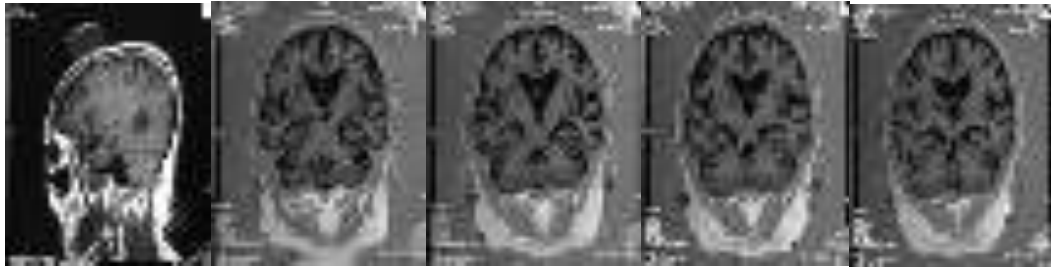
Tanggal Pemeriksaan : 11-Mei-16		Jenis Kelamin : Perempuan									
Umur : 21 tahun		Nama Dokter : DR. Yudha Haryono, SpS									
Bingkai Citra	Variasi TI	Hasil ROI jaringan					Hasil ROI Background				Rata-rata
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	1st	2nd	3rd	4th	Background
2	400	-799	23,6	-303,5	-296	-299	2,8	3	3,6	4,3	3,425
2	500	-706,6	165,6	-126	-110,2	-131,3	3	6,2	3,2	7,2	4,9
2	600	-692,8	286,6	9,3	3	-14,7	3,1	5,1	3,5	6,2	4,475
2	700	-641	335,2	67,8	77,2	43,2	4,9	6,5	4,6	4,3	5,075
2	800	-610,6	393	150,8	154	138	3,3	5,3	3,4	5,4	4,35
3	400	-986,6	-33,7	-304,5	-283	-290	3,1	3,9	3,6	3,7	3,575
3	500	-887,2	72,7	-141,2	-105	-112	4,4	6,2	3,3	6,6	5,125
3	600	-843,2	172,8	-42,5	-33,8	-37,3	4,5	5,5	3,5	7	5,125
3	700	-706	214,2	26	42,7	21,2	3,8	4,7	3,7	6,5	4,675
3	800	-614,2	274,5	101,5	111,2	94,8	3	5	4,8	7,4	5,05
4	400	-981	-24,8	-329,5	-269	-274	3,3	3,9	3,3	4,6	3,775
4	500	-915	100,2	-161,5	-91,3	-124,8	4,7	7,7	4,6	6,1	5,775
4	600	-846,2	184,2	-62,2	-5	-13	4,3	5,1	3,4	5,1	4,475
4	700	-772,2	209,5	-9,2	36,8	22,6	3,8	7,2	3,4	5,6	5
4	800	-692,3	277,7	91,2	122,5	109,4	4,3	3,3	4	5,1	4,175
5	400	-1018,5	5,8	-233,8	-257	-256	3,2	3,9	3	3,5	3,4
5	500	-883,2	125,2	-88,2	-92,3	-93,8	3,7	5,4	3,3	4,8	4,3
5	600	-794,5	203	-2,8	-7,7	-16,8	3,8	5,6	4,1	5,2	4,675
5	700	-699,2	207,2	-2,4	28,5	8,5	5	4,6	3,4	3,8	4,2
5	800	-642,2	255,2	22,2	90,5	87,5	2,9	5,4	4	4,8	4,275

Bingkai Citra	Variasi TI	Nilai SNR Jaringan					Nilai CNR Jaringan			
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
2	400	-233,28	6,89	-88,61	-86,42	-87,30	240,18	95,50	144,67	0,88
2	500	-144,20	33,80	-25,71	-22,49	-26,80	178,00	59,51	118,49	4,31
2	600	-154,82	64,04	2,08	0,67	-3,28	218,86	61,97	156,89	3,96
2	700	-126,31	66,05	13,36	15,21	8,51	192,35	52,69	139,67	6,70
2	800	-140,37	90,34	34,67	35,40	31,72	230,71	55,68	175,03	3,68
3	400	-275,97	-9,43	-85,17	-79,16	-81,12	266,55	75,75	190,80	1,96
3	500	-173,11	14,19	-27,55	-20,49	-21,85	187,30	41,74	145,56	1,37
3	600	-164,53	33,72	-8,29	-6,60	-7,28	198,24	42,01	156,23	0,68
3	700	-151,02	45,82	5,56	9,13	4,53	196,83	40,26	156,58	4,60
3	800	-121,62	54,36	20,10	22,02	18,77	175,98	34,26	141,72	3,25
4	400	-259,87	-6,57	-87,28	-71,26	-72,58	253,30	80,72	172,58	1,32
4	500	-158,44	17,35	-27,97	-15,81	-21,61	175,79	45,32	130,48	5,80
4	600	-189,09	41,16	-13,90	-1,12	-2,91	230,26	55,06	175,20	1,79
4	700	-154,44	41,90	-1,84	7,36	4,52	196,34	43,74	152,60	2,84
4	800	-165,82	66,51	21,84	29,34	26,20	232,34	44,67	187,66	3,14
5	400	-299,56	1,71	-68,76	-75,59	-75,29	301,26	70,47	230,79	-0,29
5	500	-205,40	29,12	-20,51	-21,47	-21,81	234,51	49,63	184,88	0,35
5	600	-169,95	43,42	-0,60	-1,65	-3,59	213,37	44,02	169,35	1,95
5	700	-166,48	49,33	-0,57	6,79	2,02	215,81	49,90	165,90	4,76
5	800	-150,22	59,70	5,19	21,17	20,47	209,92	54,50	155,42	0,70
Rerata bingkai citra	400	-267,17	-1,85	-82,46	-78,11	-79,07	265,32	80,61	184,71	1,11
	500	-170,29	23,61	-25,44	-20,06	-23,02	193,90	49,05	144,85	2,96
	600	-169,60	45,59	-5,18	-2,17	-4,27	215,18	50,76	164,42	2,09
	700	-149,56	50,78	4,13	9,62	4,90	200,33	46,65	153,69	4,73
	800	-144,51	67,73	20,45	26,98	24,29	212,24	47,28	164,96	2,69

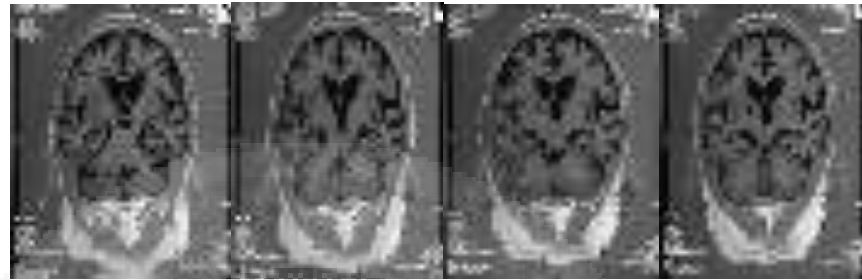


[illegible]

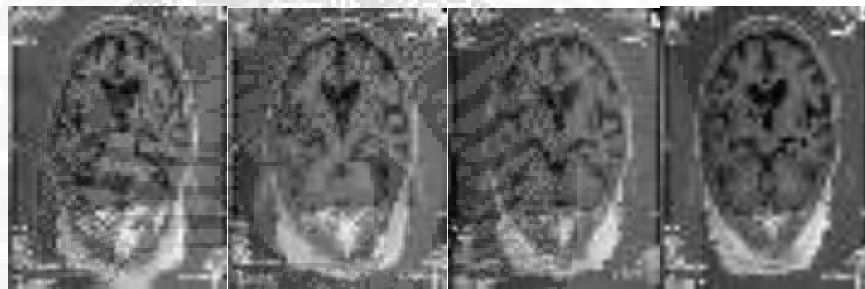
c. Gambar



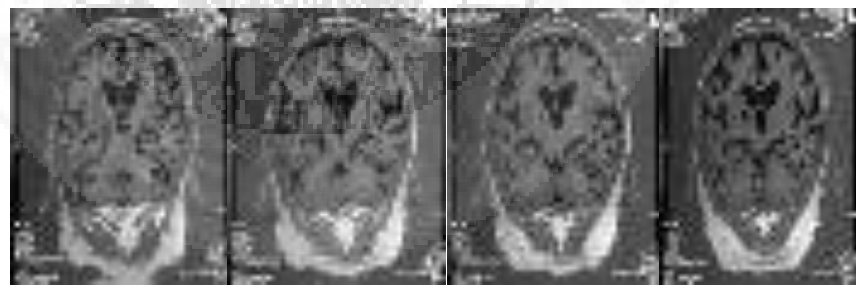
TI 400 ms



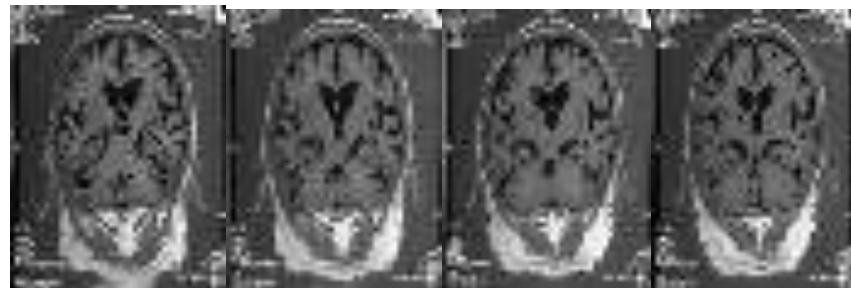
TI 500 ms



TI 600 ms



TI 700 ms



TI 800 ms

## d. Data ROI

Tanggal Pemeriksaan : 08-Apr-16		Jenis Kelamin : Laki-laki									
Umur : 73 tahun		Nama Dokter : dr. Neimy, Sp. S									
Bingkai Citra	Variasi TI	Hasil ROI jaringan					Hasil ROI Background				Rata-rata
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	1st	2nd	3rd	4th	Background
2	400	-1033,5	-31,6	-332,5	-298,6	-294,4	3,5	3,7	3,8	3,4	3,6
2	500	-967,5	117,2	-165	-107	-106,8	6,1	6,3	5,1	3	5,125
2	600	-898,5	220,6	-102,3	7,6	14,4	4,6	5,4	4,9	6,5	5,35
2	700	-809	269,8	-230,5	64,4	73,2	5,9	9,7	5,9	6,2	6,925
2	800	-751,5	348,4	-47,8	154,2	169,4	4,8	5	5,1	4,8	4,925
3	400	-1103,8	-80,3	-239	-336,8	-334,8	3,2	3,8	3,6	3,6	3,55
3	500	-1008,7	56,7	-68	-154,5	-174	5,5	6,4	3,2	3,8	4,725
3	600	-936,8	157,5	31	-91,8	-54,5	4	6,9	4,5	5,2	5,15
3	700	-829	206,3	92	-5,3	26,5	5,3	6,3	7,6	5,3	6,125
3	800	-791,7	289,3	165,8	67	98,8	3,4	6,7	5,9	5,2	5,3
4	400	-1044	-57,6	-358,4	-304,6	-298,5	3,9	3,6	3,5	3,5	3,625
4	500	-992,7	68,6	-258,8	-144,4	-135,2	4,4	5,2	4,1	5	4,675
4	600	-906,3	162,8	-109,2	-57,2	-22	8,1	5,3	10,2	6,8	7,6
4	700	-826,7	209,2	116,8	15,8	15,8	5,6	10,4	13,7	6,8	9,125
4	800	-757,7	269,8	151,6	77,2	120,2	6,5	8,3	4,4	4,7	5,975
5	400	-1138,2	-46,7	-206,5	-244	-321,3	3,7	3,7	3,5	3,6	3,625
5	500	-1036,6	81,3	-52,8	-112,2	-140	4,1	3,8	3,9	4,6	4,1
5	600	-951,2	169,2	34,8	-25,3	-21,2	4,8	3,1	3,3	4,5	3,925
5	700	-879,4	189,2	59,8	32,2	2,5	4,9	6,4	4,5	5	5,2
5	800	-786,8	244,1	137	90,5	80,3	4,5	3,9	5	5,6	4,75



Bingkai Citra	Variasi TI	Nilai SNR Jaringan					Nilai CNR Jaringan			
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
2	400	-287,08	-8,78	-92,36	-82,94	-81,78	278,31	83,58	194,72	1,17
2	500	-188,78	22,87	-32,20	-20,88	-20,84	211,65	55,06	156,59	0,04
2	600	-167,94	41,23	-19,12	1,42	2,69	209,18	60,36	148,82	1,27
2	700	-116,82	38,96	-33,29	9,30	10,57	155,78	72,25	83,54	1,27
2	800	-152,59	70,74	-9,71	31,31	34,40	223,33	80,45	142,88	3,09
3	400	-310,93	-22,62	-67,32	-94,87	-94,31	288,31	44,70	243,61	0,56
3	500	-213,48	12,00	-14,39	-32,70	-36,83	225,48	26,39	199,09	4,13
3	600	-181,90	30,58	6,02	-17,83	-10,58	212,49	24,56	187,92	7,24
3	700	-135,35	33,68	15,02	-0,87	4,33	169,03	18,66	150,37	5,19
3	800	-149,38	54,58	31,28	12,64	18,64	203,96	23,30	180,66	6,00
4	400	-288,00	-15,89	-98,87	-84,03	-82,34	272,11	82,98	189,13	1,68
4	500	-212,34	14,67	-55,36	-30,89	-28,92	227,02	70,03	156,98	1,97
4	600	-119,25	21,42	-14,37	-7,53	-2,89	140,67	35,79	104,88	4,63
4	700	-90,60	22,93	12,80	1,73	1,73	113,52	10,13	103,40	0,00
4	800	-126,81	45,15	25,37	12,92	20,12	171,97	19,78	152,18	7,20
5	400	-313,99	-12,88	-56,97	-67,31	-88,63	301,10	44,08	257,02	21,32
5	500	-252,83	19,83	-12,88	-27,37	-34,15	272,66	32,71	239,95	6,78
5	600	-242,34	43,11	8,87	-6,45	-5,40	285,45	34,24	251,21	1,04
5	700	-169,12	36,38	11,50	6,19	0,48	205,50	24,88	180,62	5,71
5	800	-165,64	51,39	28,84	19,05	16,91	217,03	22,55	194,48	2,15
Rerata bingkai citra	400	-300,00	-15,04	-78,88	-82,29	-86,77	284,96	63,84	221,12	6,18
	500	-216,86	17,34	-28,71	-27,96	-30,18	234,20	46,05	188,15	3,23
	600	-177,86	34,09	-4,65	-7,59	-4,05	211,95	38,74	173,21	3,55
	700	-127,97	32,99	1,51	4,09	4,28	160,96	31,48	129,48	3,04
	800	-148,61	55,47	18,95	18,98	22,51	204,07	36,52	167,55	4,61

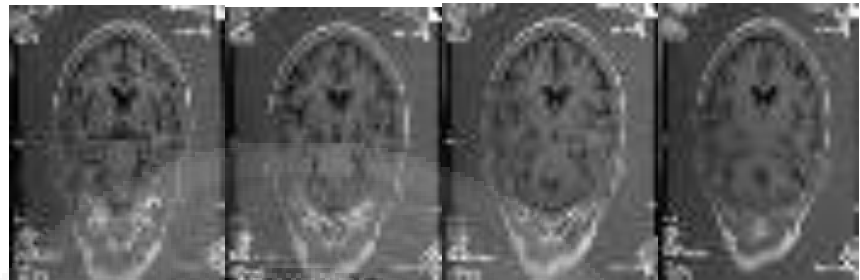


[illegible]

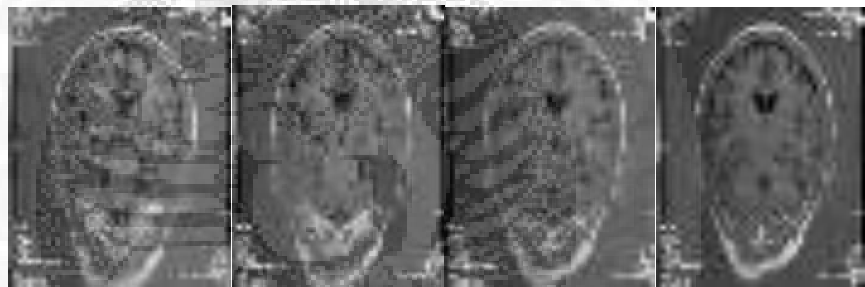
c. Gambar



TI 400 ms



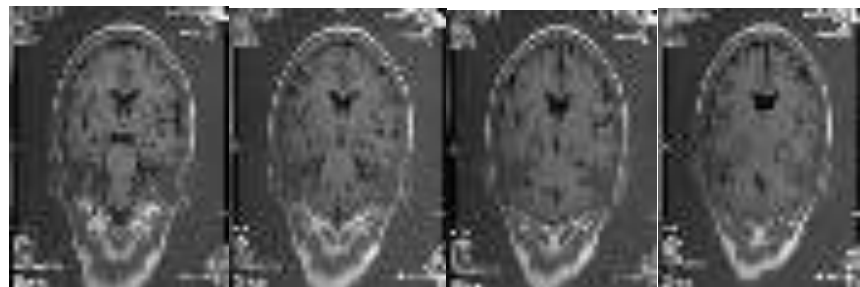
TI 500 ms



TI 600 ms



TI 700 ms



TI 800 ms

## d. Data ROI

Tanggal Pemeriksaan : 26-Apr-16		Jenis Kelamin : Perempuan									
Umur : 41 tahun		Nama Dokter : dr. Neimy, Sp. S									
Bingkai Citra	Variasi TI	Hasil ROI jaringan					Hasil ROI Background				Rata-rata
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	1st	2nd	3rd	4th	Background
2	400	-694	-3,3	-290,7	-250,7	-283,2	2,9	3,9	3,2	3,6	3,4
2	500	-544,2	140,3	-104	-80,7	-126,2	3,4	4,6	3,9	4,1	4
2	600	-426	234,3	-3,8	43	2,2	4,9	5,3	2,6	4,5	4,325
2	700	-457	297,2	70,5	107,3	80,8	2,6	5,4	4,5	4,3	4,2
2	800	-281,8	350,2	146,5	201,2	163,2	3,6	4,3	2,4	4,4	3,675
3	400	-808	-23,8	-282,2	-296,4	-262,3	3,4	3,4	3	3,5	3,325
3	500	-583,7	95,5	-132,6	-142,6	-94,8	4,3	5,6	3,6	10,8	6,075
3	600	-502,2	161,7	-51,2	-60	-18,2	4,3	6,4	4,6	6,3	5,4
3	700	-511	201,7	28,6	18	43,8	3,5	5,3	4,8	6,2	4,95
3	800	-434,3	244,8	101	93,2	107	3,3	4,3	5,3	6	4,725
4	400	-756	-7,3	-267,8	-261,8	-273,7	3,1	3,4	3,4	3,5	3,35
4	500	-579	96,8	-116,3	-114,8	-110,2	3,4	3,2	4,4	4,8	3,95
4	600	-484,7	172,8	-28,7	-25	0,8	3,6	3,7	3	3,5	3,45
4	700	-450	193,8	8,7	17	37,7	3,1	6,7	4,1	3,8	4,425
4	800	-347,5	236,8	84,7	74,5	113,5	4,3	4,4	3,8	4,5	4,25
5	400	-940,7	20,3	-199,5	-237	-255,8	3,1	3,1	3,3	3,3	3,2
5	500	-807,5	138	-89,3	-110,6	-96,5	5,3	4,4	4,8	6	5,125
5	600	-734,2	199	-26,3	-36,8	-11	3,9	4,3	3,7	3,6	3,875
5	700	-687,2	199,2	-33,7	26,8	33,2	5,6	4,3	3,5	3,8	4,3
5	800	-657	249,2	52,2	95	122,7	3,8	3,4	3,7	4,5	3,85

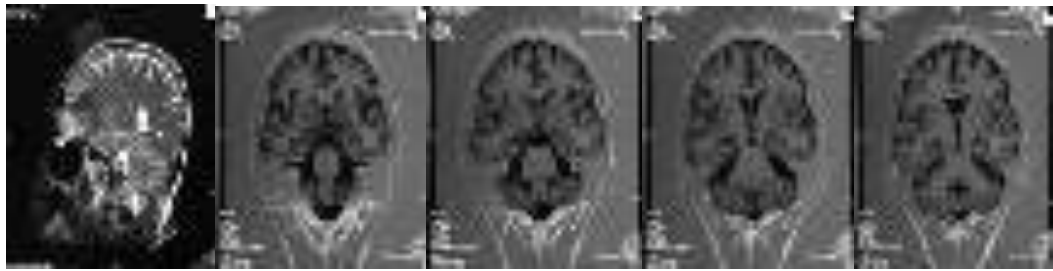
Bingkai Citra	Variasi TI	Nilai SNR Jaringan					Nilai CNR Jaringan			
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
2	400	-204,12	-0,97	-85,50	-73,74	-83,29	203,15	84,53	118,62	9,56
2	500	-136,05	35,08	-26,00	-20,18	-31,55	171,13	61,08	110,05	11,38
2	600	-98,50	54,17	-0,88	9,94	0,51	152,67	55,05	97,62	9,43
2	700	-108,81	70,76	16,79	25,55	19,24	179,57	53,98	125,60	6,31
2	800	-76,68	95,29	39,86	54,75	44,41	171,97	55,43	116,54	10,34
3	400	-243,01	-7,16	-84,87	-89,14	-78,89	235,85	77,71	158,14	10,26
3	500	-96,08	15,72	-21,83	-23,47	-15,60	111,80	37,55	74,26	7,87
3	600	-93,00	29,94	-9,48	-11,11	-3,37	122,94	39,43	83,52	7,74
3	700	-103,23	40,75	5,78	3,64	8,85	143,98	34,97	109,01	5,21
3	800	-91,92	51,81	21,38	19,72	22,65	143,72	30,43	113,29	2,92
4	400	-225,67	-2,18	-79,94	-78,15	-81,70	223,49	77,76	145,73	3,55
4	500	-146,58	24,51	-29,44	-29,06	-27,90	171,09	53,95	117,14	1,16
4	600	-140,49	50,09	-8,32	-7,25	0,23	190,58	58,41	132,17	7,48
4	700	-101,69	43,80	1,97	3,84	8,52	145,49	41,83	103,66	4,68
4	800	-81,76	55,72	19,93	17,53	26,71	137,48	35,79	101,69	9,18
5	400	-293,97	6,34	-62,34	-74,06	-79,94	300,31	68,69	231,63	5,88
5	500	-157,56	26,93	-17,42	-21,58	-18,83	184,49	44,35	140,14	2,75
5	600	-189,47	51,35	-6,79	-9,50	-2,84	240,83	58,14	182,68	6,66
5	700	-159,81	46,33	-7,84	6,23	7,72	206,14	54,16	151,98	1,49
5	800	-170,65	64,73	13,56	24,68	31,87	235,38	51,17	184,21	7,19
Rerata bingkai citra	400	-241,69	-0,99	-78,16	-78,77	-80,96	240,70	77,17	163,53	7,31
	500	-134,07	25,56	-23,67	-23,57	-23,47	159,63	49,23	110,40	5,79
	600	-130,37	46,39	-6,37	-4,48	-1,37	176,76	52,76	124,00	7,83
	700	-118,39	50,41	4,17	9,81	11,08	168,80	46,23	122,56	4,42
	800	-105,25	66,89	23,68	29,17	31,41	172,14	43,20	128,93	7,41



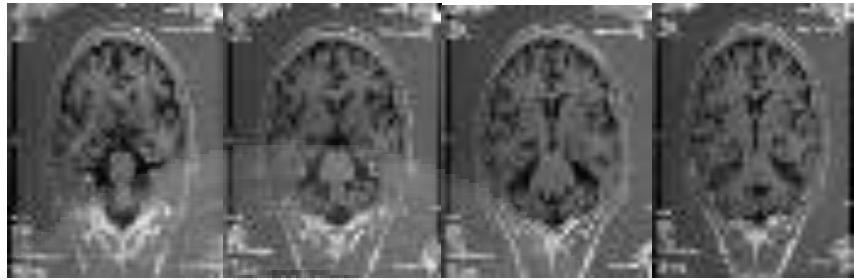
[illegible]



c. Gambar



TI 400 ms



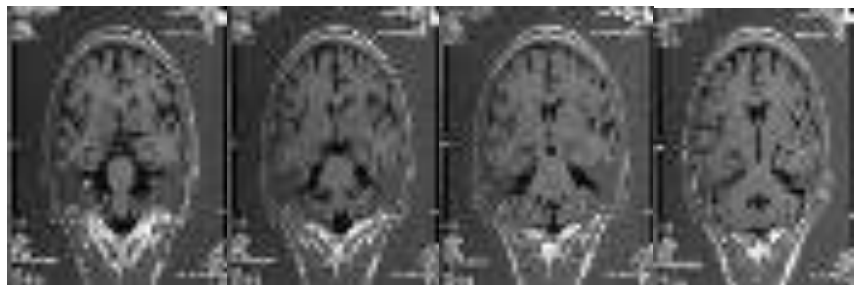
TI 500 ms



TI 600 ms



TI 700 ms



TI 800 ms

## d. Data ROI

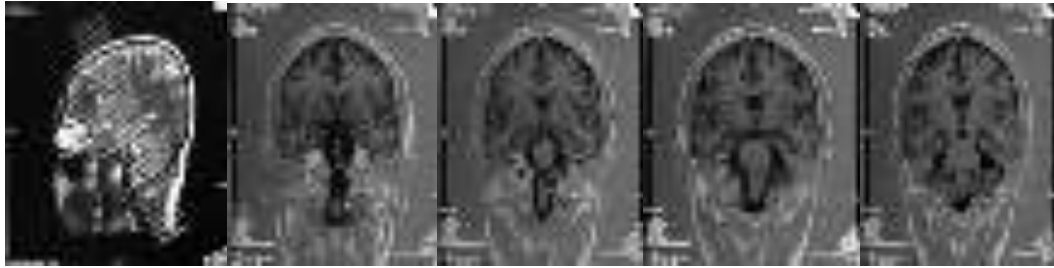
Tanggal Pemeriksaan : 29-Apr-16		Jenis Kelamin : Laki-Laki									
Umur : 43 tahun		Nama Dokter : Ananda Haris, dr.SpBS									
Bingkai Citra	Variasi TI	Hasil ROI jaringan					Hasil ROI Background				Rata-rata
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	1st	2nd	3rd	4th	Background
2	400	-947,8	7,3	-399,4	-321,7	-269,3	3	4,6	2,9	4,6	3,775
2	500	-896	140	-246,8	-155,2	-136,2	4,1	3,8	3,4	3,8	3,775
2	600	-844,5	227,5	-135,2	-21	-13,8	5	8,8	3,9	4,4	5,525
2	700	-792	284,7	-60	39,7	32	5,8	2,8	4,4	4,2	4,3
2	800	-706,8	354,7	19,4	122,8	118,8	3,1	5,4	3,7	5,7	4,475
3	400	-1069,2	-19,3	-265,5	-282,7	-273,3	3,5	3,8	3,6	4	3,725
3	500	-999,3	108,4	-132	-123,3	-144,7	3,4	3,7	3,7	4,1	3,725
3	600	-910	178,7	-49,8	-47,2	-37	4,1	9	3,1	3,5	4,925
3	700	-827	195,6	23	10,2	9,2	3,6	7,7	4,7	3,8	4,95
3	800	-753	239,3	93,7	85	82	3,7	4,3	2,8	5,1	3,975
4	400	-967,2	-11,5	-256,8	-273,5	-257	3,1	4	4,1	3,1	3,575
4	500	-824,8	98	-116,3	-134,2	-117	3,7	4,2	3,2	3,2	3,575
4	600	-791,2	175,5	-24,8	-23,5	-7,5	6,4	4,7	3,2	5,1	4,85
4	700	-642,2	197,7	31,5	33,7	52	4,6	4,9	5,8	7,1	5,6
4	800	-542,4	243,3	106,5	105	117,7	4,1	3,9	4,7	4,3	4,25
5	400	-917	19	-162,2	-216	-252,2	3,6	3,5	3,6	3,8	3,625
5	500	-767	132,4	-49,8	-76,5	-125,8	4,6	4,5	6,1	3,8	4,75
5	600	-697,5	195,2	42,6	14,5	-26	4,3	5,3	4	7,3	5,225
5	700	-631,2	193	73,4	46,8	24,2	5,6	4,3	3,9	2,6	4,1
5	800	-559	238	138,2	125,3	85,3	6,3	3,7	4	4,3	4,575

Bingkai Citra	Variasi TI	Nilai SNR Jaringan					Nilai CNR Jaringan			
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
2	400	-251,07	1,93	-105,80	-85,22	-71,34	253,01	107,74	145,27	13,88
2	500	-237,35	37,09	-65,38	-41,11	-36,08	274,44	102,46	171,97	5,03
2	600	-152,85	41,18	-24,47	-3,80	-2,50	194,03	65,65	128,38	1,30
2	700	-184,19	66,21	-13,95	9,23	7,44	250,40	80,16	170,23	1,79
2	800	-157,94	79,26	4,34	27,44	26,55	237,21	74,93	162,28	0,89
3	400	-287,03	-5,18	-71,28	-75,89	-73,37	281,85	66,09	215,76	2,52
3	500	-268,27	29,10	-35,44	-33,10	-38,85	297,37	64,54	232,83	5,74
3	600	-184,77	36,28	-10,11	-9,58	-7,51	221,06	46,40	174,66	2,07
3	700	-167,07	39,52	4,65	2,06	1,86	206,59	34,87	171,72	0,20
3	800	-189,43	60,20	23,57	21,38	20,63	249,64	36,63	213,01	0,75
4	400	-270,55	-3,22	-71,83	-76,50	-71,89	267,33	68,62	198,71	4,62
4	500	-230,71	27,41	-32,53	-37,54	-32,73	258,13	59,94	198,18	4,81
4	600	-163,13	36,19	-5,11	-4,85	-1,55	199,32	41,30	158,02	3,30
4	700	-114,68	35,30	5,63	6,02	9,29	149,98	29,68	120,30	3,27
4	800	-127,62	57,25	25,06	24,71	27,69	184,87	32,19	152,68	2,99
5	400	-252,97	5,24	-44,74	-59,59	-69,57	258,21	49,99	208,22	9,99
5	500	-161,47	27,87	-10,48	-16,11	-26,48	189,35	38,36	150,99	10,38
5	600	-133,49	37,36	8,15	2,78	-4,98	170,85	29,21	141,65	7,75
5	700	-153,95	47,07	17,90	11,41	5,90	201,02	29,17	171,85	5,51
5	800	-122,19	52,02	30,21	27,39	18,64	174,21	21,81	152,39	8,74
Rerata bingkai citra	400	-265,40	-0,31	-73,41	-74,30	-71,54	265,10	73,11	191,99	7,75
	500	-224,45	30,37	-35,96	-31,96	-33,53	254,82	66,33	188,49	6,49
	600	-158,56	37,75	-7,89	-3,86	-4,13	196,31	45,64	150,68	3,61
	700	-154,97	47,03	3,56	7,18	6,12	202,00	43,47	158,53	2,69
	800	-149,30	62,18	20,79	25,23	23,38	211,48	41,39	170,09	3,34

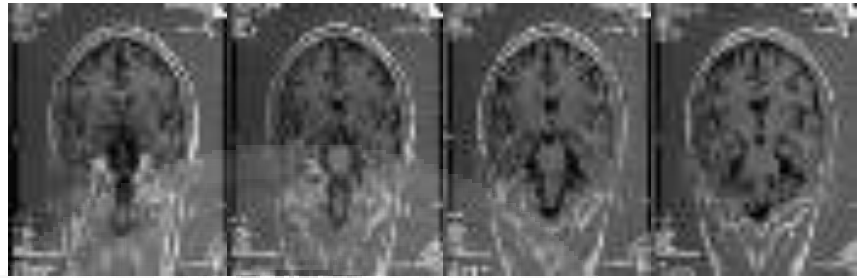




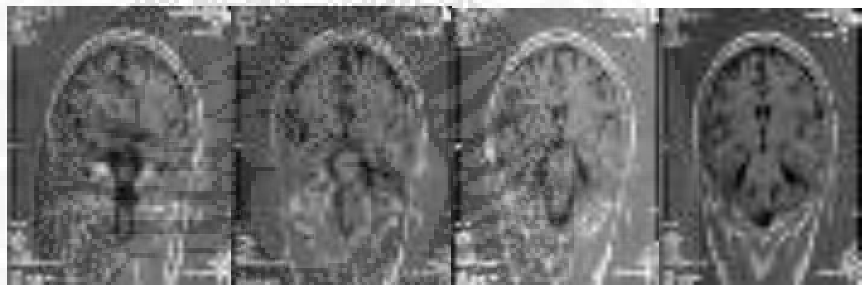
c. Gambar



TI 400 ms



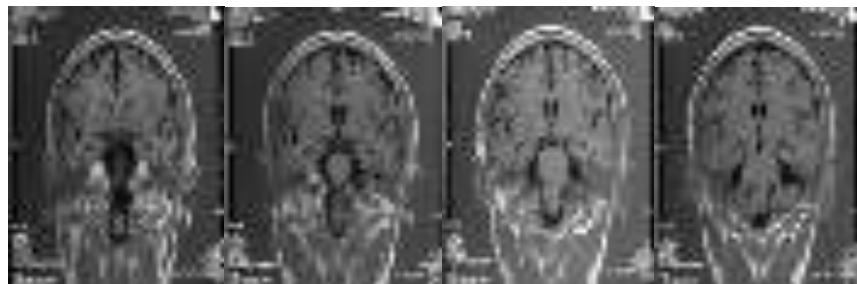
TI 500 ms



TI 600 ms



TI 700 ms



TI 800 ms

## d. Data ROI

Tanggal Pemeriksaan : 03-Mei-16		Jenis Kelamin : Laki-laki									
Umur : 43 tahun		Nama Dokter : dr. Neimy, Sp. S									
Bingkai Citra	Variasi TI	Hasil ROI jaringan					Hasil ROI Background				Rata-rata
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	1st	2nd	3rd	4th	Background
2	400	-1044,2	-32	-311	-336,7	-303,8	3,3	3,8	3,4	3,6	3,525
2	500	-955,7	86,8	-166	-181,3	-192,8	7	9,4	4,8	4,4	6,4
2	600	-859,7	157,8	-61,8	-88,7	-82,6	6,3	14,3	7	5,9	8,375
2	700	-792,5	203,4	-11	1,8	-14,6	24,7	13	18	5,8	15,375
2	800	-685,7	274,2	75,8	121,5	62,8	20,7	11,8	15,3	6,2	13,5
3	400	-1075,8	-42,2	-282,2	-296,8	-303	2,6	3,4	3,6	3,9	3,375
3	500	-971,2	97,8	-161	-83,2	-118	5,8	3,9	4,6	7,5	5,45
3	600	-865	169,2	-25	-32,2	-28,4	10,3	2,5	18,7	9,3	10,2
3	700	-763	210,6	23	44,3	40,2	24,7	7,3	9	9,8	12,7
3	800	-702,3	257,2	117,3	119,3	132,4	13,7	4,6	7,9	14,4	10,15
4	400	-1080,3	16,5	-241	-242,7	-272,8	3,7	3,9	3,1	4,3	3,75
4	500	-971,8	129,3	-120,7	-100,5	-107,5	8,5	5,1	5,5	8,5	6,9
4	600	-853,5	219,7	-21	-21,2	-6,5	8,7	3,6	7,9	10	7,55
4	700	-809	238,2	17,5	37,8	22,2	14,3	6,5	19,3	5,9	11,5
4	800	-689,3	266,7	83,5	101,8	124	12,6	7,3	8,2	11,1	9,8
5	400	-1026	20,5	-219,6	-238,6	-244,5	4,9	3,6	4,7	4,2	4,35
5	500	-916,8	131,2	-83	-120	-106,2	7,5	4,3	9,3	5,5	6,65
5	600	-801	212,3	16,4	-35	7,3	10,7	6,1	4,8	6,7	7,075
5	700	-731,2	204,3	28	22,2	36,5	11,5	7,5	22,9	14,2	14,025
5	800	-634,3	270,8	105	100,6	116,5	7,6	8,5	9,8	5,7	7,9

Bingkai Citra	Variasi TI	Nilai SNR Jaringan					Nilai CNR Jaringan			
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
2	400	-296,23	-9,08	-88,23	-95,52	-86,18	287,15	79,15	208,00	9,33
2	500	-149,33	13,56	-25,94	-28,33	-30,13	162,89	39,50	123,39	1,80
2	600	-102,65	18,84	-7,38	-10,59	-9,86	121,49	26,22	95,27	0,73
2	700	-51,54	13,23	-0,72	0,12	-0,95	64,77	13,94	50,83	1,07
2	800	-50,79	20,31	5,61	9,00	4,65	71,10	14,70	56,41	4,35
3	400	-318,76	-12,50	-83,61	-87,94	-89,78	306,25	71,11	235,14	1,84
3	500	-178,20	17,94	-29,54	-15,27	-21,65	196,15	47,49	148,66	6,39
3	600	-84,80	16,59	-2,45	-3,16	-2,78	101,39	19,04	82,35	0,37
3	700	-60,08	16,58	1,81	3,49	3,17	76,66	14,77	61,89	0,32
3	800	-69,19	25,34	11,56	11,75	13,04	94,53	13,78	80,75	1,29
4	400	-288,08	4,40	-64,27	-64,72	-72,75	292,48	68,67	223,81	8,03
4	500	-140,84	18,74	-17,49	-14,57	-15,58	159,58	36,23	123,35	1,01
4	600	-113,05	29,10	-2,78	-2,81	-0,86	142,15	31,88	110,26	1,95
4	700	-70,35	20,71	1,52	3,29	1,93	91,06	19,19	71,87	1,36
4	800	-70,34	27,21	8,52	10,39	12,65	97,55	18,69	78,86	2,27
5	400	-235,86	4,71	-50,48	-54,85	-56,21	240,57	55,20	185,38	1,36
5	500	-137,86	19,73	-12,48	-18,05	-15,97	157,59	32,21	125,38	2,08
5	600	-113,22	30,01	2,32	-4,95	1,03	143,22	27,69	115,53	5,98
5	700	-52,14	14,57	2,00	1,58	2,60	66,70	12,57	54,13	1,02
5	800	-80,29	34,28	13,29	12,73	14,75	114,57	20,99	93,58	2,01
Rerata bingkai citra	400	-284,73	-3,12	-71,76	-75,76	-76,23	281,61	68,53	213,08	5,14
	500	-151,56	17,49	-21,36	-19,05	-20,83	169,05	38,86	130,20	2,82
	600	-103,43	23,63	-2,57	-5,38	-3,12	127,06	26,21	100,86	2,26
	700	-58,53	16,27	1,15	2,12	1,69	74,80	15,12	59,68	0,94
	800	-67,65	26,79	9,75	10,97	11,27	94,44	17,04	77,40	2,48



## 6. Responden Normal 6

### a. Inform Consent

**LIBRARY INFORM CONSENT**

Saya yang berkepentingan dalam melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh Variasi Waktu Bersepeda (Time Interval) terhadap Kualitas Tidur (Sleep Quality) pada Remaja (Teenager)" telah membaca dan memahami isi dari surat pernyataan ini dan bersedia untuk memberikan pernyataan ini.

Nama : Ng. Satrio Nugroho  
 Alamat : Kec. Pongkor  
 Usia : 15 th  
 Hari : Senin, 12 Mei 2014

Saya menyatakan bersedia untuk bersedia untuk melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh Variasi Waktu Bersepeda (Time Interval) terhadap Kualitas Tidur (Sleep Quality) pada Remaja (Teenager)" dan bersedia untuk memberikan pernyataan ini dan bersedia untuk memberikan pernyataan ini.



Ng. Satrio Nugroho  
 Nama (I)

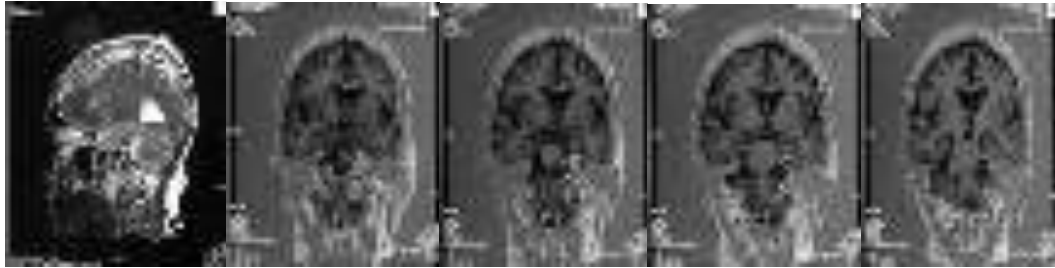
Ng. Satrio Nugroho  
 Nama (II)

Ng. Satrio Nugroho  
 Nama (III)

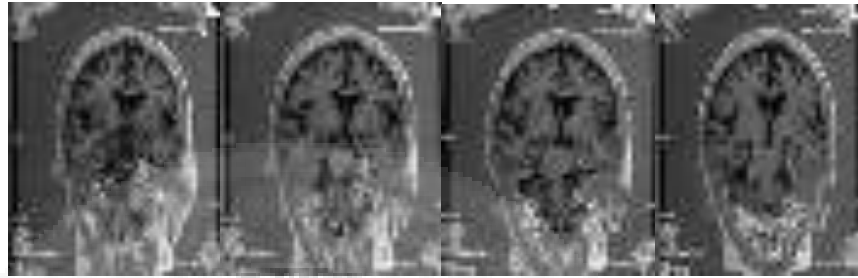
Ng. Satrio Nugroho  
 Nama (IV)

[illegible]

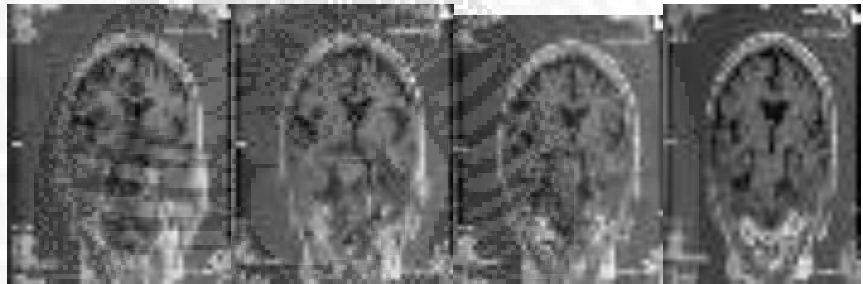
c. Gambar



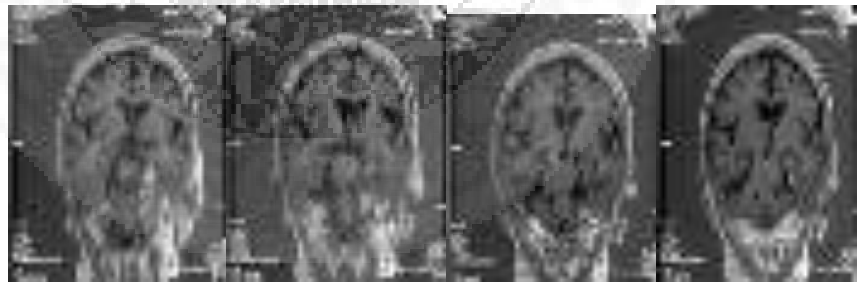
TI 400 ms



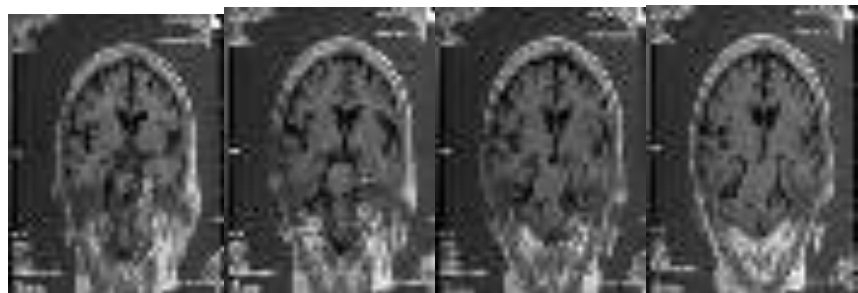
TI 500 ms



TI 600 ms



TI 700 ms



TI 800 ms

## d. Data ROI

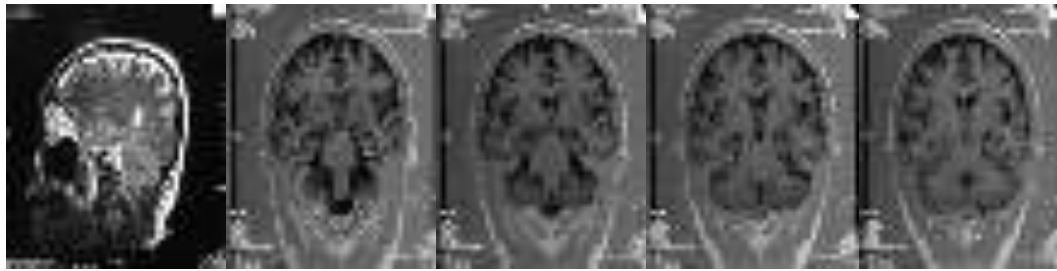
Tanggal Pemeriksaan : 04-Mei-16		Jenis Kelamin : Perempuan									
Umur : 64 tahun		Nama Dokter : Ananda Haris, dr.SpBS									
Bingkai Citra	Variasi TI	Hasil ROI jaringan					Hasil ROI Background				Rata-rata
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	1st	2nd	3rd	4th	Background
2	400	-967,6	-26,2	-198,2	-331,8	-252	4,1	3,1	4,8	4,8	4,2
2	500	-912	118,6	-12,8	-157,6	-82	6,1	8	11,9	14,3	10,075
2	600	-856	225	69,4	-86,8	5,3	8,7	2,8	17,6	19,2	12,075
2	700	-732,6	234	118,8	89,6	-33,8	32,6	8,4	44	19,5	26,125
2	800	-678,4	276,8	148,6	276,2	2	12,3	4,3	25,9	15,2	14,425
3	400	-1028,2	-48,3	-231	-315,8	-232,3	3,3	4,4	4,7	9,2	5,4
3	500	-929,6	82	-78	-121	112,7	8,3	5,7	5,2	19,7	9,725
3	600	-783,2	142,5	9	121,8	-10,3	4,1	6	7,6	21,9	9,9
3	700	-660,2	180,5	39,8	181,2	59,8	3,8	13	9,3	15	10,275
3	800	-550,8	226,5	136,6	249,8	113,2	3,7	13,6	8,4	16,9	10,65
4	400	-959,2	-29,3	-184,2	-309,3	-235,2	2,4	4,2	3,6	4,7	3,725
4	500	-867,3	96,3	-58,8	-80	-118,5	11,3	8,2	13,6	7,4	10,125
4	600	-733	157	22,6	-5,7	10,3	16,2	11,7	7,1	12,4	11,85
4	700	-592,7	184,5	9,8	78,3	31	33,3	11,6	81,7	12,2	34,7
4	800	-530,3	261,3	110	235,5	152	13,2	9,4	33	6,9	15,625
5	400	-1081,8	-5,4	-242,5	-256	-221,2	4,7	4,8	4,6	3,9	4,5
5	500	-992,6	117,6	-135	-70,2	-93	9,6	5,5	7,9	9,2	8,05
5	600	-838,4	182,6	-21	-2,4	-53,6	9,9	6,2	13,8	8,1	9,5
5	700	-636,6	197,4	105,8	132,6	-42,6	14,9	5,5	19,4	10,4	12,55
5	800	-528	252,4	176,3	255,6	-54,2	27	5	17,5	9	14,625

Bingkai Citra	Variasi TI	Nilai SNR Jaringan					Nilai CNR Jaringan			
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
2	400	-230,38	-6,24	-47,19	-79,00	-60,00	224,14	40,95	183,19	19,00
2	500	-90,52	11,77	-1,27	-15,64	-8,14	102,29	13,04	89,25	7,50
2	600	-70,89	18,63	5,75	-7,19	0,44	89,52	12,89	76,64	7,63
2	700	-28,04	8,96	4,55	3,43	-1,29	37,00	4,41	32,59	4,72
2	800	-47,03	19,19	10,30	19,15	0,14	66,22	8,89	57,33	19,01
3	400	-190,41	-8,94	-42,78	-58,48	-43,02	181,46	33,83	147,63	15,46
3	500	-95,59	8,43	-8,02	-12,44	11,59	104,02	16,45	87,57	24,03
3	600	-79,11	14,39	0,91	12,30	-1,04	93,51	13,48	80,02	13,34
3	700	-64,25	17,57	3,87	17,64	5,82	81,82	13,69	68,13	11,82
3	800	-51,72	21,27	12,83	23,46	10,63	72,99	8,44	64,54	12,83
4	400	-257,50	-7,87	-49,45	-83,03	-63,14	249,64	41,58	208,05	19,89
4	500	-85,66	9,51	-5,81	-7,90	-11,70	95,17	15,32	79,85	3,80
4	600	-61,86	13,25	1,91	-0,48	0,87	75,11	11,34	63,76	1,35
4	700	-17,08	5,32	0,28	2,26	0,89	22,40	5,03	17,36	1,36
4	800	-33,94	16,72	7,04	15,07	9,73	50,66	9,68	40,98	5,34
5	400	-240,40	-1,20	-53,89	-56,89	-49,16	239,20	52,69	186,51	7,73
5	500	-123,30	14,61	-16,77	-8,72	-11,55	137,91	31,38	106,53	2,83
5	600	-88,25	19,22	-2,21	-0,25	-5,64	107,47	21,43	86,04	5,39
5	700	-50,73	15,73	8,43	10,57	-3,39	66,45	7,30	59,16	13,96
5	800	-36,10	17,26	12,05	17,48	-3,71	53,36	5,20	48,16	21,18
Rerata bingkai citra	400	-229,67	-6,06	-48,33	-69,35	-53,83	223,61	42,26	181,35	17,46
	500	-98,77	11,08	-7,97	-11,18	-4,95	109,85	19,05	90,80	9,54
	600	-75,03	16,37	1,59	1,10	-1,34	91,40	14,79	76,62	6,93
	700	-40,03	11,89	4,28	8,47	0,51	51,92	7,61	44,31	7,97
	800	-42,20	18,61	10,56	18,79	4,20	60,81	8,05	52,75	14,59

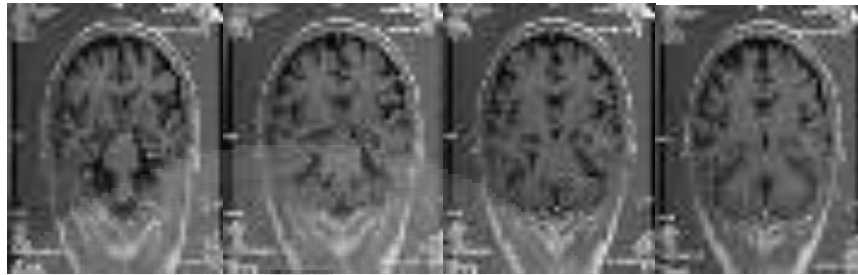


[illegible]

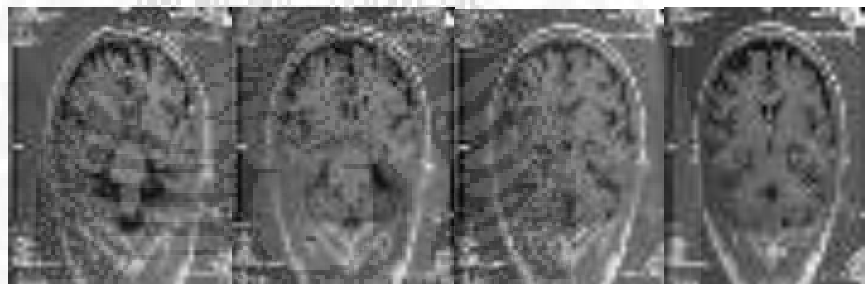
c. Gambar



TI 400 ms



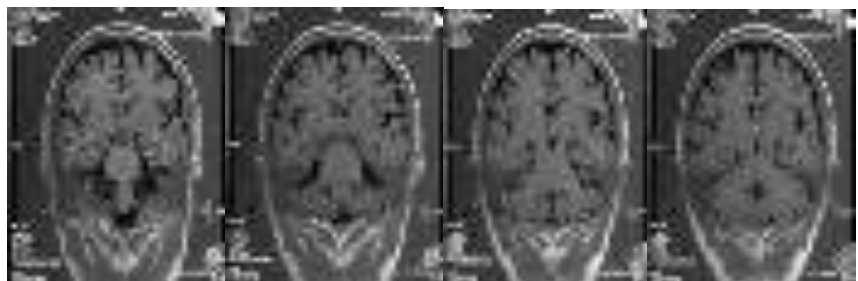
TI 500 ms



TI 600 ms



TI 700 ms



TI 800 ms



## d. Data ROI

Tanggal Pemeriksaan : 10-Mei-16		Jenis Kelamin : Laki-laki									
Umur : 45 tahun		Nama Dokter : DR. Yudha Haryono, SpS									
Bingkai Citra	Variasi TI	Hasil ROI jaringan					Hasil ROI Background				Rata-rata
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	1st	2nd	3rd	4th	Background
2	400	-1026,4	6,2	-355,3	-367,6	-336,3	3,3	4,5	3,9	3,8	3,875
2	500	-941,4	154,2	-169,3	-127,2	-139,3	4,2	5,3	7,8	6,2	5,875
2	600	-841	270,4	-53	-46,6	-55,3	6,2	4,5	8,2	5,3	6,05
2	700	-751,2	326,2	23,8	11,8	43,8	5,1	4,6	8,5	4	5,55
2	800	-685,2	382,4	130,3	142,8	132,3	3,6	6,7	5,4	4,8	5,125
3	400	-1062,8	-28,6	-239,6	-307,5	-292,2	3,1	3,6	3,9	3,9	3,625
3	500	-956,2	91	-93,2	-132,3	-136,2	4	5,8	6,5	4	5,075
3	600	-915,2	173,2	-34	-26,2	-44,5	5,1	7,1	8,2	4,4	6,2
3	700	-786,4	228	39,2	26,8	16,5	3,8	5,3	13,9	4	6,75
3	800	-680,8	264,6	134,8	111,3	79	3,8	4,4	5,5	4,3	4,5
4	400	-939,8	-31,8	-249	-285	-291,7	3,4	4	3,8	4,1	3,825
4	500	-809,2	117,4	-117,8	-112,6	-115,2	5,1	4,9	4,6	5,3	4,975
4	600	-777,2	191,2	-32	0,2	-23,2	5,1	6,4	5	4,7	5,3
4	700	-714,6	230,1	18,8	68	41,7	5,3	6,7	5,8	7,9	6,425
4	800	-608,6	255,4	85,8	134,8	95,7	4,2	6,1	9,3	5,2	6,2
5	400	-979,2	8,6	-256,7	-224,2	-226,2	3,5	4,1	4	3,4	3,75
5	500	-872,7	118,2	-107,2	-100,8	-109,4	4,2	5,6	4,2	5,1	4,775
5	600	-781,8	215,8	-17,2	-2,6	0	4	5,1	4,3	5,5	4,725
5	700	-702,7	199,6	14,5	33,6	33,6	5,9	9,3	3,9	6	6,275
5	800	-597	248,6	93,8	94,8	111,8	4,4	4,6	4,4	6	4,85

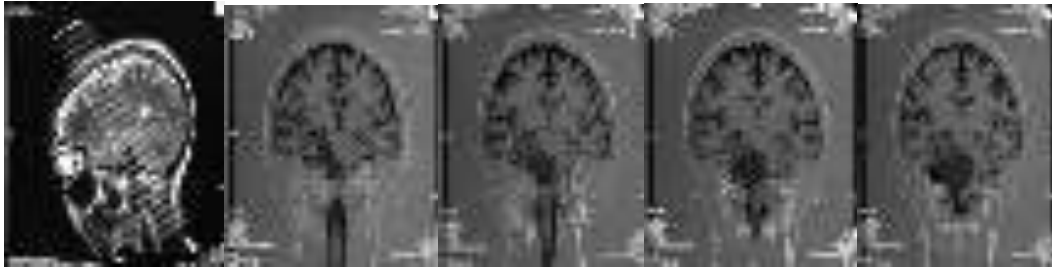
Bingkai Citra	Variasi TI	Nilai SNR Jaringan					Nilai CNR Jaringan			
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
2	400	-264,88	1,60	-91,69	-94,86	-86,79	266,48	93,29	173,19	8,08
2	500	-160,24	26,25	-28,82	-21,65	-23,71	186,49	55,06	131,42	2,06
2	600	-139,01	44,69	-8,76	-7,70	-9,14	183,70	53,45	130,25	1,44
2	700	-135,35	58,77	4,29	2,13	7,89	194,13	54,49	139,64	5,77
2	800	-133,70	74,61	25,42	27,86	25,81	208,31	49,19	159,12	2,05
3	400	-293,19	-7,89	-66,10	-84,83	-80,61	285,30	58,21	227,09	4,22
3	500	-188,41	17,93	-18,36	-26,07	-26,84	206,34	36,30	170,05	0,77
3	600	-147,61	27,94	-5,48	-4,23	-7,18	175,55	33,42	142,13	2,95
3	700	-116,50	33,78	5,81	3,97	2,44	150,28	27,97	122,31	1,53
3	800	-151,29	58,80	29,96	24,73	17,56	210,09	28,84	181,24	7,18
4	400	-245,70	-8,31	-65,10	-74,51	-76,26	237,39	56,78	180,60	1,75
4	500	-162,65	23,60	-23,68	-22,63	-23,16	186,25	47,28	138,97	0,52
4	600	-146,64	36,08	-6,04	0,04	-4,38	182,72	42,11	140,60	4,42
4	700	-111,22	35,81	2,93	10,58	6,49	147,04	32,89	114,15	4,09
4	800	-98,16	41,19	13,84	21,74	15,44	139,35	27,35	112,00	6,31
5	400	-261,12	2,29	-68,45	-59,79	-60,32	263,41	70,75	192,67	0,53
5	500	-182,76	24,75	-22,45	-21,11	-22,91	207,52	47,20	160,31	1,80
5	600	-165,46	45,67	-3,64	-0,55	0,00	211,13	49,31	161,82	0,55
5	700	-111,98	31,81	2,31	5,35	5,35	143,79	29,50	114,29	0,00
5	800	-123,09	51,26	19,34	19,55	23,05	174,35	31,92	142,43	3,51
Rerata bingkai citra	400	-266,22	-3,08	-72,83	-78,50	-75,99	263,14	69,76	193,39	3,65
	500	-173,52	23,13	-23,33	-22,87	-24,15	196,65	46,46	150,19	1,29
	600	-149,68	38,59	-5,98	-3,11	-5,17	188,28	44,57	143,70	2,34
	700	-118,77	40,04	3,83	5,51	5,55	158,81	36,21	122,60	2,85
	800	-126,56	56,47	22,14	23,47	20,46	183,03	34,33	148,70	4,76



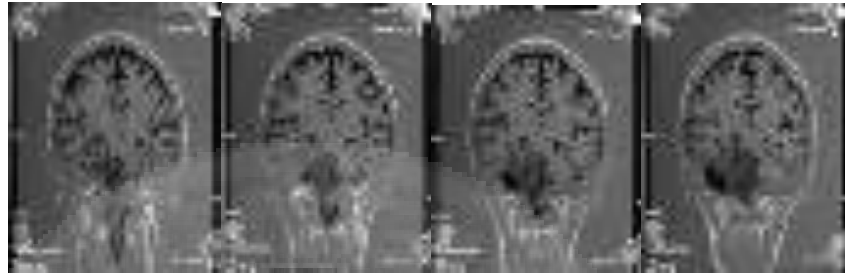
### b. Chek List Pemeriksaan MRI

[illegible]

c. Gambar



TI 400 ms



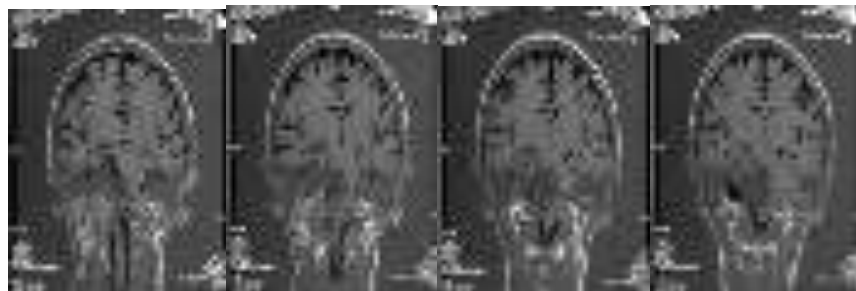
TI 500 ms



TI 600 ms



TI 700 ms



TI 800 ms

## d. Data ROI

Tanggal Pemeriksaan : 12-Mei-16		Jenis Kelamin : Perempuan									
Umur : 33 tahun		Nama Dokter : Ananda Haris, dr. SpBS									
Bingkai Citra	Variasi TI	Hasil ROI jaringan					Hasil ROI Background				Rata-rata
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	1st	2nd	3rd	4th	Background
2	400	-1120,4	-21	-327,2	-316	-275,8	2,8	3,3	3,7	3,9	3,425
2	500	-943,8	86,5	-104,8	-151,4	-147,2	4,5	6,2	4,1	6,5	5,325
2	600	-913,6	175,8	-24,7	-23,6	-24,6	4,2	5,6	4,3	6,5	5,15
2	700	-830	214	7,3	33,2	40,8	4,8	5,6	5,5	4,9	5,2
2	800	-781,8	268,5	157	148	97,2	4,2	2,8	6,5	3,3	4,2
3	400	-1136,4	-5,5	-307,3	-305,5	-273,5	3,6	3,9	3,3	3,9	3,675
3	500	-980,4	130,3	-39,2	-133,5	-62	4,5	7,7	4,1	6,2	5,625
3	600	-928	206	105,7	-26	-34,8	4,5	4	6,3	7,2	5,45
3	700	-820,8	206,2	131,7	16,5	22,5	10,3	4,8	3,4	4,7	5,8
3	800	-742,8	260,2	220,5	99	110,8	8,8	3,6	5,3	6,4	6,025
4	400	-1031	19,2	-264,3	-286	-249,7	2,5	3,6	3,9	3,4	3,35
4	500	-919,2	116,8	-73,2	-130,5	2,8	6,6	8,3	5,5	6	6,6
4	600	-826,6	213,5	20,8	-18	4,5	6,8	4,6	6	4,1	5,375
4	700	-737,4	217,8	72,3	46,8	48	7,1	7,8	4,9	6,1	6,475
4	800	-615	273	168,3	131	137,3	5,8	5,4	6,4	5,3	5,725
5	400	-974	48,4	-298,6	-186,5	-222,8	3,9	3,5	2,4	3,9	3,425
5	500	-899,7	141,6	-292,7	-58,7	-68,5	6,3	6	5,9	6,2	6,1
5	600	-718,7	229,4	-251	50,3	29,8	4,3	7,4	3,4	3,6	4,675
5	700	-551	238,2	-198,6	95,3	73,3	3,8	4,8	4,3	3,4	4,075
5	800	-447,7	289,2	-118	172,8	155	4,1	6,6	5,2	3,2	4,775

Bingkai Citra	Variasi TI	Nilai SNR Jaringan					Nilai CNR Jaringan			
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
2	400	-327,12	-6,13	-95,53	-92,26	-80,53	320,99	89,40	231,59	11,74
2	500	-177,24	16,24	-19,68	-28,43	-27,64	193,48	35,92	157,56	0,79
2	600	-177,40	34,14	-4,80	-4,58	-4,78	211,53	38,93	172,60	0,19
2	700	-159,62	41,15	1,40	6,38	7,85	200,77	39,75	161,02	1,46
2	800	-186,14	63,93	37,38	35,24	23,14	250,07	26,55	223,52	12,10
3	400	-309,22	-1,50	-83,62	-83,13	-74,42	307,73	82,12	225,61	8,71
3	500	-174,22	23,16	-6,97	-23,73	-11,02	197,46	30,13	167,32	12,71
3	600	-170,28	37,80	19,39	-4,77	-6,39	208,07	18,40	189,67	1,61
3	700	-141,52	35,55	22,17	2,84	3,88	177,07	12,84	164,22	1,03
3	800	-123,29	43,19	36,60	16,43	18,39	166,47	6,59	159,88	1,96
4	400	-307,76	5,73	-78,90	-85,37	-74,54	313,49	84,63	228,87	10,84
4	500	-139,27	17,70	-11,09	-19,77	0,42	156,97	28,79	128,18	20,20
4	600	153,79	39,72	3,87	-3,35	0,84	193,51	35,85	157,66	4,19
4	700	-113,88	33,64	11,17	7,23	7,41	147,52	22,47	125,05	0,19
4	800	-107,42	47,69	29,40	22,88	23,98	155,11	18,29	136,82	1,10
5	400	-284,38	14,13	-87,18	-54,45	-65,05	298,51	101,31	197,20	10,60
5	500	-147,49	23,21	-47,98	-9,62	-11,23	170,70	71,20	99,51	1,61
5	600	-153,73	49,07	-53,69	10,76	6,37	202,80	102,76	100,04	4,39
5	700	-135,21	58,45	-48,74	23,39	17,99	193,67	107,19	86,48	5,40
5	800	-93,76	60,57	-24,71	36,19	32,46	154,32	85,28	69,05	3,73
<b>Rerata bingkai citra</b>	400	-307,12	3,06	-86,31	-78,80	-73,63	310,18	89,37	220,81	10,47
	500	-159,57	20,08	-21,43	-20,39	-12,37	179,65	41,51	138,14	8,83
	600	-163,80	40,18	-8,81	-0,49	-0,99	203,98	48,99	154,99	2,59
	700	-137,56	42,20	-3,36	9,96	9,28	179,76	45,56	134,19	2,02
	800	-127,65	53,84	19,67	27,69	24,49	181,49	34,18	147,32	4,72

## 9. Responden Kelainan 1

### a. Inform Consent

**LEMBAR INTRINSIC CONSENT**

Sebelum melakukan penelitian dengan menggunakan formulir ini, Responden harus membaca dan memahami isi dari formulir ini. Responden harus memahami bahwa dengan mengisi formulir ini, Responden telah memberikan persetujuan untuk berpartisipasi dalam penelitian ini. Responden harus memahami bahwa dengan mengisi formulir ini, Responden telah memberikan persetujuan untuk berpartisipasi dalam penelitian ini.

Nama Responden: [Nama Responden]  
 Alamat: [Alamat Responden]  
 Nomor: [Nomor Responden]  
 Tanggal: [Tanggal Pengisian]

Sebelum melakukan penelitian, Responden harus membaca dan memahami isi dari formulir ini. Responden harus memahami bahwa dengan mengisi formulir ini, Responden telah memberikan persetujuan untuk berpartisipasi dalam penelitian ini. Responden harus memahami bahwa dengan mengisi formulir ini, Responden telah memberikan persetujuan untuk berpartisipasi dalam penelitian ini.



[Signature]  
 Nama Responden

[Signature]  
 Nama Responden

[Signature]  
 Nama Responden

[Signature]  
 Nama Responden



## b. Chek List Pemeriksaan MRI

**CHECKLIST PEMERIKSAAN MRI**  
**MAGNETIC RESONANCE IMAGING**

MRI (Magnetic Resonance Imaging) merupakan prosedur yang digunakan untuk menghasilkan gambar-gambar detail dari bagian-bagian tubuh manusia.

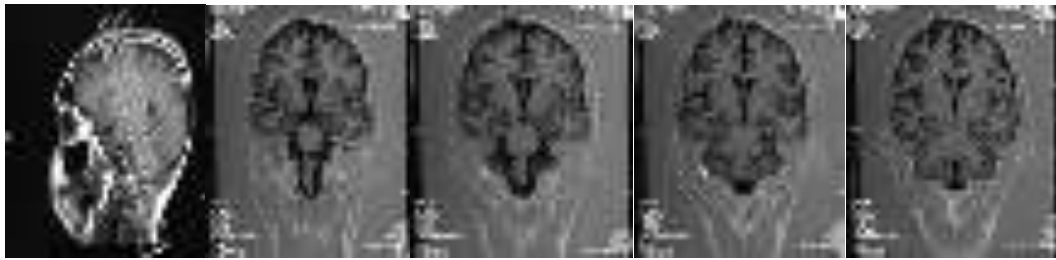
Sebelum pemeriksaan, pastikan bahwa pasien telah mengikuti petunjuk berikut:

1. Pasien tidak boleh menggunakan alat elektronik atau logam.
2. Pasien harus mengisi formulir riwayat medis.
3. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
4. Pasien harus mengganti gigi palsu.
5. Pasien harus mengganti perhiasan.
6. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
7. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
8. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
9. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
10. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
11. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
12. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
13. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
14. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
15. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
16. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
17. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
18. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
19. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
20. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
21. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
22. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
23. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
24. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
25. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
26. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
27. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
28. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
29. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
30. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
31. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
32. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
33. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
34. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
35. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
36. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
37. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
38. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
39. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
40. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
41. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
42. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
43. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
44. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
45. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
46. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
47. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
48. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
49. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
50. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
51. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
52. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
53. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
54. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
55. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
56. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
57. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
58. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
59. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
60. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
61. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
62. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
63. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
64. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
65. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
66. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
67. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
68. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
69. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
70. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
71. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
72. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
73. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
74. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
75. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
76. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
77. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
78. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
79. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
80. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
81. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
82. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
83. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
84. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
85. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
86. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
87. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
88. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
89. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
90. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
91. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
92. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
93. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
94. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
95. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
96. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
97. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
98. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
99. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.
100. Pasien harus mengganti pakaian yang mengandung logam.

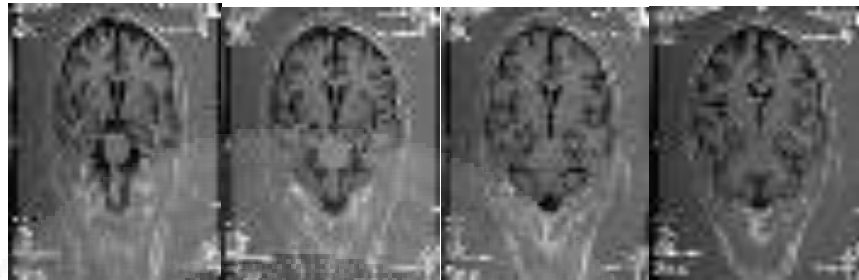
Hasil pemeriksaan MRI akan dikirimkan ke dokter yang memeriksanya.

Form/CB/RS/2023/001 Rev 01

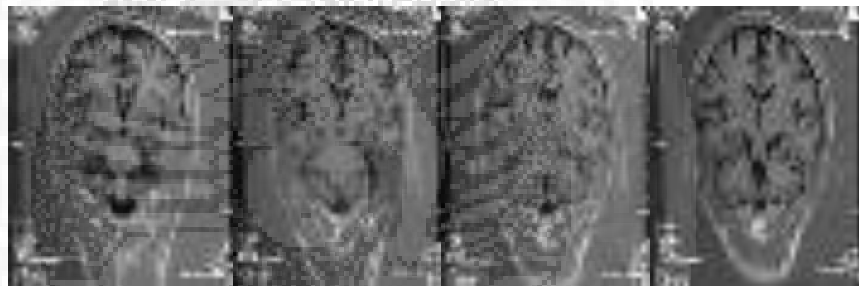
## c. Gambar



TI 400 ms



TI 500 ms



TI 600 ms



TI 700 ms



TI 800 ms

## d. Data ROI

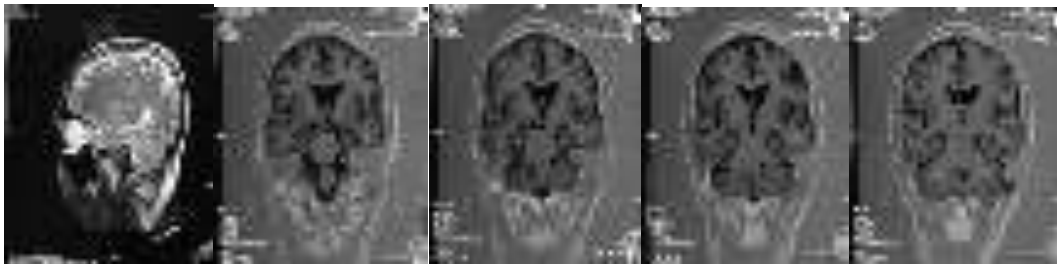
Tanggal Pemeriksaan : 28-Mar-16		Jenis Kelamin : Laki-laki									
Umur : 23 tahun		Nama Dokter : Ananda Haris, dr.SpBS									
Bingkai Citra	Variasi TI	Hasil ROI jaringan					Hasil ROI Background				Rata-rata
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	1st	2nd	3rd	4th	Background
2	400	-987,6	-22,4	-241,8	-351,8	-302,7	2,6	4,1	3,9	3,3	3,475
2	500	-927	138,6	-74,8	153,8	112,5	2,8	5,7	5,9	4,5	4,725
2	600	-903	209,4	6	-83	-54	4,2	4,1	6,9	4,1	4,825
2	700	-784,6	294,8	123,6	43,4	57,7	3,2	3,7	6,8	3	4,175
2	800	-700,8	378,4	231	137,4	156,5	5	5,2	6,5	3,8	5,125
3	400	-1116,2	-26,4	-268,4	-356,5	-278,5	2,4	3,8	3,3	3,9	3,35
3	500	-992,8	96,2	107,2	168,7	122,2	3,5	4,5	4,1	5,5	4,4
3	600	-908,2	219	28,2	67,3	31,3	3,6	5,1	7,5	5,6	5,45
3	700	-840,2	209,6	21	20,7	20,2	3,9	4	4,1	4,5	4,125
3	800	-767,6	252,2	57,2	118	89,5	4	6	5	5,2	5,05
4	400	-920,4	-34	-222	-313,5	-328,3	3,3	3,1	3,3	3,3	3,25
4	500	-838,7	107	-94,2	-155	-170,5	4,9	4,3	4,7	4,8	4,675
4	600	-795,1	170,2	-29,3	-110,8	-107,8	4,5	3,4	4,1	4,8	4,2
4	700	-715,1	206,7	48,7	-37,5	-1,5	7,7	3	5	5	5,175
4	800	-620,7	270,2	136,6	-24,5	81,7	5	5,2	4,1	5,3	4,9
5	400	-969,8	4,3	-283,8	-279,4	-263,3	3,9	3,9	3,9	3,6	3,825
5	500	-820,6	106,2	-167,2	-115,6	-103,2	3,7	3,8	3,8	7,3	4,65
5	600	-750,6	161,7	-81,8	-36,6	-28,7	3,7	3	4,8	5,3	4,2
5	700	-716,6	200,7	-28,6	35,4	47,2	5,1	4,8	3,9	5,1	4,725
5	800	-639,6	244	61,8	114,6	132	3,8	4,8	4,1	4	4,175

Bingkai Citra	Variasi TI	Nilai SNR Jaringan					Nilai CNR Jaringan			
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
2	400	-284,20	-6,45	-69,58	-101,24	-87,11	277,76	63,14	214,62	14,13
2	500	-196,19	29,33	-15,83	32,55	23,81	225,52	45,16	180,36	8,74
2	600	-187,15	43,40	1,24	-17,20	-11,19	230,55	42,16	188,39	6,01
2	700	-187,93	70,61	29,60	10,40	13,82	258,54	41,01	217,53	3,43
2	800	-136,74	73,83	45,07	26,81	30,54	210,58	28,76	181,81	3,73
3	400	-333,19	-7,88	-80,12	-106,42	-83,13	325,31	72,24	253,07	23,28
3	500	-225,64	21,86	24,36	38,34	27,77	247,50	-2,50	250,00	10,57
3	600	-166,64	40,18	5,17	12,35	5,74	206,83	35,01	171,82	6,61
3	700	-203,68	50,81	5,09	5,02	4,90	254,50	45,72	208,78	0,12
3	800	-152,00	49,94	11,33	23,37	17,72	201,94	38,61	163,33	5,64
4	400	-283,20	-10,46	-68,31	-96,46	-101,02	272,74	57,85	214,89	4,55
4	500	-179,40	22,89	-20,15	-33,16	-36,47	202,29	43,04	159,25	3,32
4	600	-189,31	40,52	-6,98	-26,38	-25,67	229,83	47,50	182,33	0,71
4	700	-138,18	39,94	9,41	-7,25	-0,29	178,13	30,53	147,59	6,96
4	800	-126,67	55,14	27,88	-5,00	16,67	181,82	27,27	154,55	21,67
5	400	-253,54	1,12	-74,20	-73,05	-68,84	254,67	75,32	179,35	4,21
5	500	-176,47	22,84	-35,96	-24,86	-22,19	199,31	58,80	140,52	2,67
5	600	-178,71	38,50	-19,48	-8,71	-6,83	217,21	57,98	159,24	1,88
5	700	-151,66	42,48	-6,05	7,49	9,99	194,14	48,53	145,61	2,50
5	800	-153,20	58,44	14,80	27,45	31,62	211,64	43,64	168,00	4,17
Rerata bingkai citra	400	-288,53	-5,92	-73,05	-94,29	-85,02	282,62	67,14	215,48	11,54
	500	-194,43	24,23	-11,89	3,22	-1,77	218,66	36,12	182,53	6,32
	600	-180,45	40,65	-5,01	-9,99	-9,49	221,11	45,66	175,45	3,80
	700	-170,36	50,96	9,51	3,91	7,10	221,32	41,45	179,88	3,25
	800	-142,15	59,34	24,77	18,16	24,14	201,49	34,57	166,92	8,80

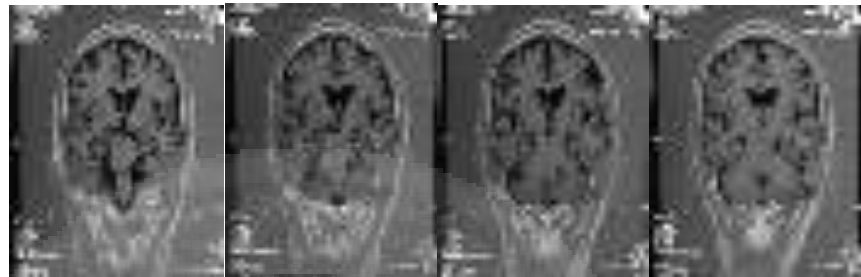


[illegible]

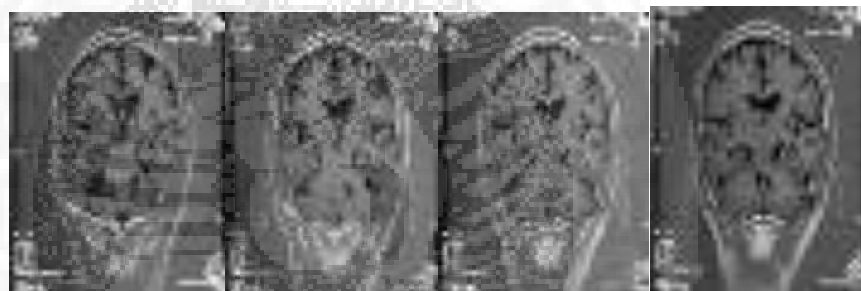
c. Gambar



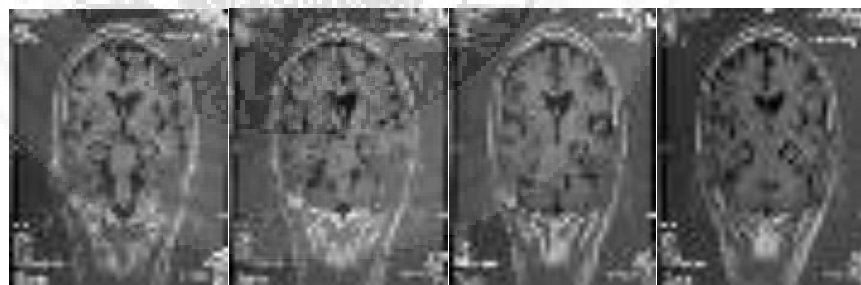
TI 400 ms



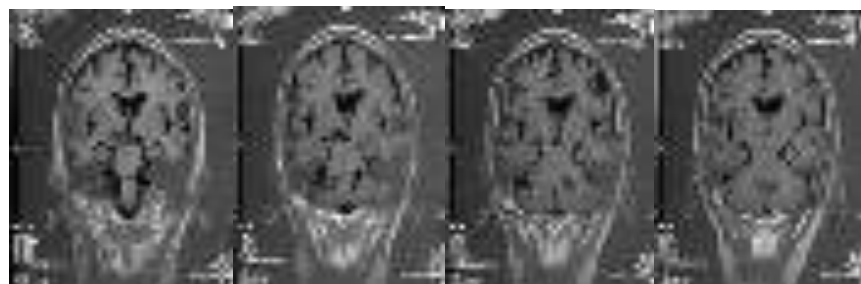
TI 500 ms



TI 600 ms



TI 700 ms



TI 800 ms

## d. Data ROI

Tanggal Pemeriksaan : 04-Apr-16		Jenis Kelamin : Laki-laki									
Umur : 59 tahun		Nama Dokter : Ananda Haris, dr.SpBS									
Bingkai Citra	Variasi TI	Hasil ROI jaringan					Hasil ROI Background				Rata-rata
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	1st	2nd	3rd	4th	Background
2	400	-1098	14,8	-272,5	-281,3	-343,7	4	4,2	3,9	3,9	4
2	500	-1019,5	151,7	-90,5	-95,2	-135,7	4,5	4,6	3,2	6,4	4,675
2	600	-1064	220,3	2,2	-19,3	-73,2	4,5	4,1	6,6	4,7	4,975
2	700	-839	300,2	96,3	105,2	52,7	4,6	5,4	4,9	6,6	5,375
2	800	-757,5	381	142,5	191,8	148,3	5	4,9	3	3,3	4,05
3	400	-1169,8	-9	-211	-282	-231,7	3,9	4	3,9	3,4	3,8
3	500	-1063,3	110,8	-77,3	-139,7	-97,8	4,8	9,5	4,3	4,7	5,825
3	600	-941,3	221,4	16,8	-42	32,8	4,8	5,6	5,3	2,9	4,65
3	700	-878	226,2	85,5	13	80,7	4,7	4,5	5,8	4,8	4,95
3	800	-793,5	281,2	151,3	92	129,2	5,4	4,8	4,3	3,7	4,55
4	400	-835	-24,4	-157,8	-242,5	-292	3,3	3,4	3,3	2,9	3,225
4	500	-677,8	89,4	-42,8	-91,8	-114,3	4,6	5	4,7	3,4	4,425
4	600	-705,3	180,6	7,6	-31,5	-48	6,3	6	7	4,4	5,925
4	700	-538,2	218	83	52,3	44,3	4,4	3,2	4,5	5,1	4,3
4	800	-432,5	297	156,8	118,5	137,5	3,3	3,5	6,1	4,1	4,25
5	400	-1122	27,8	-230	-273,7	-273	3,6	3,7	3,7	3,4	3,6
5	500	-1008,5	150,4	-109,3	-122,8	-104	4,2	4,2	5	4,4	4,45
5	600	-859	203,2	-44,8	-37,5	-25,4	2,9	4,1	2,6	6,4	4
5	700	-838,5	219,6	-13,7	21	55,8	5,7	4	4,6	4,2	4,625
5	800	-724,2	269	41,2	94,3	122,2	3,2	4,1	3,8	4,6	3,925



Bingkai Citra	Variasi TI	Nilai SNR Jaringan					Nilai CNR Jaringan			
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
2	400	-274,50	3,70	-68,13	-70,33	-85,93	278,20	71,83	206,38	15,60
2	500	-218,07	32,45	-19,36	-20,36	-29,03	250,52	51,81	198,72	8,66
2	600	-213,87	44,28	0,44	-3,88	-14,71	258,15	43,84	214,31	10,83
2	700	-156,09	55,85	17,92	19,57	9,80	211,94	37,93	174,01	9,77
2	800	-187,04	94,07	35,19	47,36	36,62	281,11	58,89	222,22	10,74
3	400	-307,84	-2,37	-55,53	-74,21	-60,97	305,47	53,16	252,32	13,24
3	500	-182,54	19,02	-13,27	-23,98	-16,79	201,56	32,29	169,27	7,19
3	600	-202,43	47,61	3,61	-9,03	7,05	250,04	44,00	206,04	16,09
3	700	-177,37	45,70	17,27	2,63	16,30	223,07	28,42	194,65	13,68
3	800	-174,40	61,80	33,25	20,22	28,40	236,20	28,55	207,65	8,18
4	400	-258,91	-7,57	-48,93	-75,19	-90,54	251,35	41,36	209,98	15,35
4	500	-153,18	20,20	-9,67	-20,75	-25,83	173,38	29,88	143,50	5,08
4	600	-119,04	30,48	1,28	-5,32	-8,10	149,52	29,20	120,32	2,78
4	700	-125,16	50,70	19,30	12,16	10,30	175,86	31,40	144,47	1,86
4	800	-101,76	69,88	36,89	27,88	32,35	171,65	32,99	138,66	4,47
5	400	-311,67	7,72	-63,89	-76,03	-75,83	319,39	71,61	247,78	0,19
5	500	-226,63	33,80	-24,56	-27,60	-23,37	260,43	58,36	202,07	4,22
5	600	-214,75	50,80	-11,20	-9,38	-6,35	265,55	62,00	203,55	3,03
5	700	-181,30	47,48	-2,96	4,54	12,06	228,78	50,44	178,34	7,52
5	800	-184,51	68,54	10,50	24,03	31,13	253,04	58,04	195,01	7,11
Rerata bingkai citra	400	-288,23	0,37	-59,12	-73,94	-78,32	288,60	59,49	229,11	11,10
	500	-195,10	26,37	-16,72	-23,17	-23,75	221,47	43,08	178,39	6,29
	600	-187,52	43,29	-1,47	-6,90	-5,53	230,82	44,76	186,06	8,18
	700	-159,98	49,93	12,88	9,73	12,12	209,91	37,05	172,86	8,21
	800	-161,93	73,57	28,96	29,87	32,12	235,50	44,62	190,88	7,62

## 11. Responden Kelainan 3

### a. Inform Consent

**LOCAL INFORMED CONSENT**

Saya menyetujui untuk melakukan penelitian "Pengaruh Variasi Waktu Pemberian Obat Terhadap Efektivitas Obat" yang dilakukan oleh Responden dengan keluhan asma dan diabetes mellitus dengan menggunakan obat beresiko, yaitu insulin.

Nama Responden : M. L. S.  
 Alamat : Jalan Pahlawan  
 Umur : 45 tahun  
 Jenis Kelamin : Perempuan

Saya menyatakan bersedia untuk mengikuti penelitian ini dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun. Saya juga menyatakan bahwa saya telah membaca dan memahami isi dari formulir ini dan saya telah menandatangani formulir ini dengan sukarela.

Tanggal : 14/01/2024  
 Tanda Tangan :  
 (Scribble signature)  
 Nama : M. L. S.

(Scribble signature)  
 Nama : M. L. S.

(Scribble signature)  
 Nama : M. L. S.

## b. Chek List Pemeriksaan MRI

**CHECK LIST PEMERIKSAAN MRI**  
**(MAGNETIC RESONANCE IMAGING)**

MRI (Magnetic Resonance Imaging) merupakan alat pencitraan diagnostik yang menggunakan medan magnetik statis dan gelombang radio untuk menghasilkan gambar anatomi dan fisiologi tubuh manusia.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pemeriksaan MRI adalah:

1. Mengetahui indikasi pemeriksaan MRI.
2. Mengetahui kontraindikasi pemeriksaan MRI.
3. Mengetahui prosedur pemeriksaan MRI.
4. Mengetahui hasil pemeriksaan MRI.
5. Mengetahui tindakan lanjutan pemeriksaan MRI.
6. Mengetahui dokumentasi pemeriksaan MRI.
7. Mengetahui etika pemeriksaan MRI.
8. Mengetahui keselamatan pemeriksaan MRI.
9. Mengetahui kenyamanan pemeriksaan MRI.
10. Mengetahui keamanan pemeriksaan MRI.
11. Mengetahui akurasi pemeriksaan MRI.
12. Mengetahui resolusi pemeriksaan MRI.
13. Mengetahui kontras pemeriksaan MRI.
14. Mengetahui artefak pemeriksaan MRI.
15. Mengetahui kualitas pemeriksaan MRI.
16. Mengetahui interpretasi pemeriksaan MRI.
17. Mengetahui komunikasi pemeriksaan MRI.
18. Mengetahui evaluasi pemeriksaan MRI.
19. Mengetahui tindak lanjut pemeriksaan MRI.
20. Mengetahui kepuasan pemeriksaan MRI.
21. Mengetahui biaya pemeriksaan MRI.
22. Mengetahui waktu pemeriksaan MRI.
23. Mengetahui lokasi pemeriksaan MRI.
24. Mengetahui fasilitas pemeriksaan MRI.
25. Mengetahui tenaga pemeriksaan MRI.
26. Mengetahui peralatan pemeriksaan MRI.
27. Mengetahui prosedur pemeriksaan MRI.
28. Mengetahui hasil pemeriksaan MRI.
29. Mengetahui tindakan lanjutan pemeriksaan MRI.
30. Mengetahui dokumentasi pemeriksaan MRI.
31. Mengetahui etika pemeriksaan MRI.
32. Mengetahui keselamatan pemeriksaan MRI.
33. Mengetahui kenyamanan pemeriksaan MRI.
34. Mengetahui keamanan pemeriksaan MRI.
35. Mengetahui akurasi pemeriksaan MRI.
36. Mengetahui resolusi pemeriksaan MRI.
37. Mengetahui kontras pemeriksaan MRI.
38. Mengetahui artefak pemeriksaan MRI.
39. Mengetahui kualitas pemeriksaan MRI.
40. Mengetahui interpretasi pemeriksaan MRI.
41. Mengetahui komunikasi pemeriksaan MRI.
42. Mengetahui evaluasi pemeriksaan MRI.
43. Mengetahui tindak lanjut pemeriksaan MRI.
44. Mengetahui kepuasan pemeriksaan MRI.
45. Mengetahui biaya pemeriksaan MRI.
46. Mengetahui waktu pemeriksaan MRI.
47. Mengetahui lokasi pemeriksaan MRI.
48. Mengetahui fasilitas pemeriksaan MRI.
49. Mengetahui tenaga pemeriksaan MRI.
50. Mengetahui peralatan pemeriksaan MRI.
51. Mengetahui prosedur pemeriksaan MRI.
52. Mengetahui hasil pemeriksaan MRI.
53. Mengetahui tindakan lanjutan pemeriksaan MRI.
54. Mengetahui dokumentasi pemeriksaan MRI.
55. Mengetahui etika pemeriksaan MRI.
56. Mengetahui keselamatan pemeriksaan MRI.
57. Mengetahui kenyamanan pemeriksaan MRI.
58. Mengetahui keamanan pemeriksaan MRI.
59. Mengetahui akurasi pemeriksaan MRI.
60. Mengetahui resolusi pemeriksaan MRI.
61. Mengetahui kontras pemeriksaan MRI.
62. Mengetahui artefak pemeriksaan MRI.
63. Mengetahui kualitas pemeriksaan MRI.
64. Mengetahui interpretasi pemeriksaan MRI.
65. Mengetahui komunikasi pemeriksaan MRI.
66. Mengetahui evaluasi pemeriksaan MRI.
67. Mengetahui tindak lanjut pemeriksaan MRI.
68. Mengetahui kepuasan pemeriksaan MRI.
69. Mengetahui biaya pemeriksaan MRI.
70. Mengetahui waktu pemeriksaan MRI.
71. Mengetahui lokasi pemeriksaan MRI.
72. Mengetahui fasilitas pemeriksaan MRI.
73. Mengetahui tenaga pemeriksaan MRI.
74. Mengetahui peralatan pemeriksaan MRI.
75. Mengetahui prosedur pemeriksaan MRI.
76. Mengetahui hasil pemeriksaan MRI.
77. Mengetahui tindakan lanjutan pemeriksaan MRI.
78. Mengetahui dokumentasi pemeriksaan MRI.
79. Mengetahui etika pemeriksaan MRI.
80. Mengetahui keselamatan pemeriksaan MRI.
81. Mengetahui kenyamanan pemeriksaan MRI.
82. Mengetahui keamanan pemeriksaan MRI.
83. Mengetahui akurasi pemeriksaan MRI.
84. Mengetahui resolusi pemeriksaan MRI.
85. Mengetahui kontras pemeriksaan MRI.
86. Mengetahui artefak pemeriksaan MRI.
87. Mengetahui kualitas pemeriksaan MRI.
88. Mengetahui interpretasi pemeriksaan MRI.
89. Mengetahui komunikasi pemeriksaan MRI.
90. Mengetahui evaluasi pemeriksaan MRI.
91. Mengetahui tindak lanjut pemeriksaan MRI.
92. Mengetahui kepuasan pemeriksaan MRI.
93. Mengetahui biaya pemeriksaan MRI.
94. Mengetahui waktu pemeriksaan MRI.
95. Mengetahui lokasi pemeriksaan MRI.
96. Mengetahui fasilitas pemeriksaan MRI.
97. Mengetahui tenaga pemeriksaan MRI.
98. Mengetahui peralatan pemeriksaan MRI.
99. Mengetahui prosedur pemeriksaan MRI.
100. Mengetahui hasil pemeriksaan MRI.

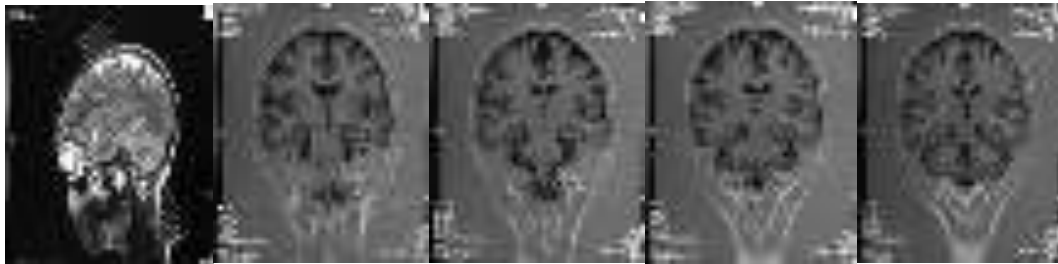
Hasil pemeriksaan MRI harus dicatat dalam bentuk laporan tertulis yang mencakup:

- 1. Identitas pasien.
- 2. Indikasi pemeriksaan.
- 3. Teknik pemeriksaan.
- 4. Hasil pemeriksaan.
- 5. Tindakan lanjutan.
- 6. Dokumentasi.
- 7. Etika.
- 8. Keselamatan.
- 9. Kenyamanan.
- 10. Keamanan.
- 11. Akurasi.
- 12. Resolusi.
- 13. Kontras.
- 14. Artefak.
- 15. Kualitas.
- 16. Interpretasi.
- 17. Komunikasi.
- 18. Evaluasi.
- 19. Tindak lanjut.
- 20. Kepuasan.
- 21. Biaya.
- 22. Waktu.
- 23. Lokasi.
- 24. Fasilitas.
- 25. Tenaga.
- 26. Peralatan.
- 27. Prosedur.
- 28. Hasil.
- 29. Tindakan lanjutan.
- 30. Dokumentasi.
- 31. Etika.
- 32. Keselamatan.
- 33. Kenyamanan.
- 34. Keamanan.
- 35. Akurasi.
- 36. Resolusi.
- 37. Kontras.
- 38. Artefak.
- 39. Kualitas.
- 40. Interpretasi.
- 41. Komunikasi.
- 42. Evaluasi.
- 43. Tindak lanjut.
- 44. Kepuasan.
- 45. Biaya.
- 46. Waktu.
- 47. Lokasi.
- 48. Fasilitas.
- 49. Tenaga.
- 50. Peralatan.
- 51. Prosedur.
- 52. Hasil.
- 53. Tindakan lanjutan.
- 54. Dokumentasi.
- 55. Etika.
- 56. Keselamatan.
- 57. Kenyamanan.
- 58. Keamanan.
- 59. Akurasi.
- 60. Resolusi.
- 61. Kontras.
- 62. Artefak.
- 63. Kualitas.
- 64. Interpretasi.
- 65. Komunikasi.
- 66. Evaluasi.
- 67. Tindak lanjut.
- 68. Kepuasan.
- 69. Biaya.
- 70. Waktu.
- 71. Lokasi.
- 72. Fasilitas.
- 73. Tenaga.
- 74. Peralatan.
- 75. Prosedur.
- 76. Hasil.
- 77. Tindakan lanjutan.
- 78. Dokumentasi.
- 79. Etika.
- 80. Keselamatan.
- 81. Kenyamanan.
- 82. Keamanan.
- 83. Akurasi.
- 84. Resolusi.
- 85. Kontras.
- 86. Artefak.
- 87. Kualitas.
- 88. Interpretasi.
- 89. Komunikasi.
- 90. Evaluasi.
- 91. Tindak lanjut.
- 92. Kepuasan.
- 93. Biaya.
- 94. Waktu.
- 95. Lokasi.
- 96. Fasilitas.
- 97. Tenaga.
- 98. Peralatan.
- 99. Prosedur.
- 100. Hasil.

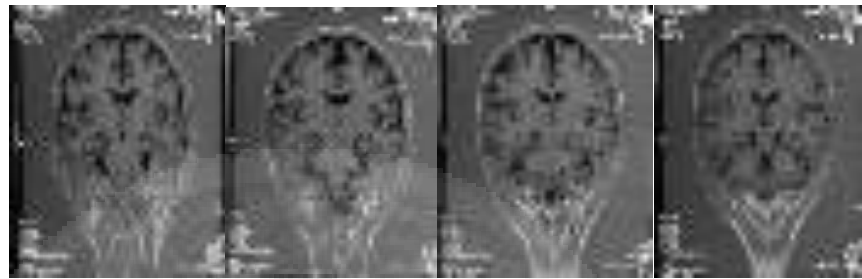
Hasil pemeriksaan MRI harus dicatat dalam bentuk laporan tertulis yang mencakup:

- 1. Identitas pasien.
- 2. Indikasi pemeriksaan.
- 3. Teknik pemeriksaan.
- 4. Hasil pemeriksaan.
- 5. Tindakan lanjutan.
- 6. Dokumentasi.
- 7. Etika.
- 8. Keselamatan.
- 9. Kenyamanan.
- 10. Keamanan.
- 11. Akurasi.
- 12. Resolusi.
- 13. Kontras.
- 14. Artefak.
- 15. Kualitas.
- 16. Interpretasi.
- 17. Komunikasi.
- 18. Evaluasi.
- 19. Tindak lanjut.
- 20. Kepuasan.
- 21. Biaya.
- 22. Waktu.
- 23. Lokasi.
- 24. Fasilitas.
- 25. Tenaga.
- 26. Peralatan.
- 27. Prosedur.
- 28. Hasil.
- 29. Tindakan lanjutan.
- 30. Dokumentasi.
- 31. Etika.
- 32. Keselamatan.
- 33. Kenyamanan.
- 34. Keamanan.
- 35. Akurasi.
- 36. Resolusi.
- 37. Kontras.
- 38. Artefak.
- 39. Kualitas.
- 40. Interpretasi.
- 41. Komunikasi.
- 42. Evaluasi.
- 43. Tindak lanjut.
- 44. Kepuasan.
- 45. Biaya.
- 46. Waktu.
- 47. Lokasi.
- 48. Fasilitas.
- 49. Tenaga.
- 50. Peralatan.
- 51. Prosedur.
- 52. Hasil.
- 53. Tindakan lanjutan.
- 54. Dokumentasi.
- 55. Etika.
- 56. Keselamatan.
- 57. Kenyamanan.
- 58. Keamanan.
- 59. Akurasi.
- 60. Resolusi.
- 61. Kontras.
- 62. Artefak.
- 63. Kualitas.
- 64. Interpretasi.
- 65. Komunikasi.
- 66. Evaluasi.
- 67. Tindak lanjut.
- 68. Kepuasan.
- 69. Biaya.
- 70. Waktu.
- 71. Lokasi.
- 72. Fasilitas.
- 73. Tenaga.
- 74. Peralatan.
- 75. Prosedur.
- 76. Hasil.
- 77. Tindakan lanjutan.
- 78. Dokumentasi.
- 79. Etika.
- 80. Keselamatan.
- 81. Kenyamanan.
- 82. Keamanan.
- 83. Akurasi.
- 84. Resolusi.
- 85. Kontras.
- 86. Artefak.
- 87. Kualitas.
- 88. Interpretasi.
- 89. Komunikasi.
- 90. Evaluasi.
- 91. Tindak lanjut.
- 92. Kepuasan.
- 93. Biaya.
- 94. Waktu.
- 95. Lokasi.
- 96. Fasilitas.
- 97. Tenaga.
- 98. Peralatan.
- 99. Prosedur.
- 100. Hasil.

c. Gambar



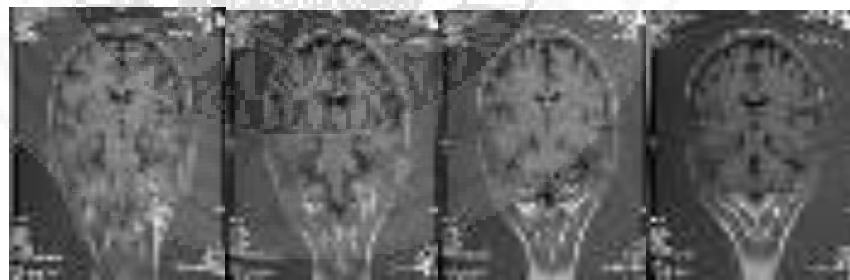
TI 400 ms



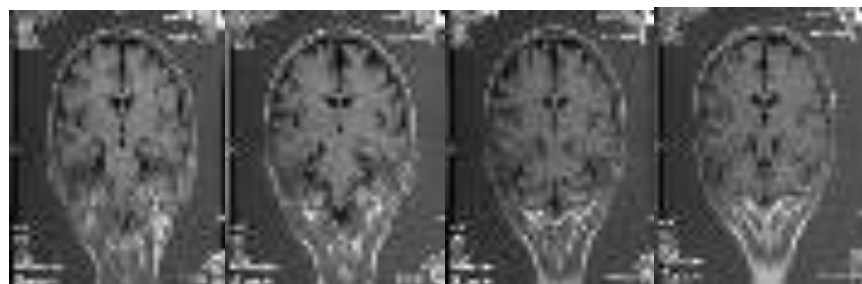
TI 500 ms



TI 600 ms



TI 700 ms



TI 800 ms

## d. Data ROI

Tanggal Pemeriksaan : 07-Apr-16		Jenis Kelamin : Perempuan									
Umur : 28 tahun		Nama Dokter : Prof dr.A.Hafidz B, SpS									
Bingkai Citra	Variasi TI	Hasil ROI jaringan					Hasil ROI Background				Rata-rata
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	1st	2nd	3rd	4th	Background
2	400	-1013,8	-9,8	-387	-328,8	-309,8	2,7	4,3	3,5	4	3,625
2	500	-939,6	135,8	-206	-148,2	-129,8	3,8	4,3	4,6	6,9	4,9
2	600	-947,6	216,7	-178	-79,6	-64,8	5,2	5,9	3,5	8,1	5,675
2	700	-776,2	296,8	-36	43,2	61,3	2,6	6,4	4,1	6,4	4,875
2	800	-686	366,2	51	133,8	159,2	4,1	5,5	2,5	4,8	4,225
3	400	-1041	-35,8	-283,4	-259,8	-313,6	3,6	3,9	3,5	3,2	3,55
3	500	-939,4	86,8	-132,6	-107,5	-143,2	2,7	6	3,6	4,5	4,2
3	600	-821,4	245,3	-28,6	-3,3	-32,2	3,2	5,7	4,2	5,7	4,7
3	700	-785,4	204	29	58,7	40	4,8	3,4	5,9	4,8	4,725
3	800	-721,8	262,3	91,4	142,2	112,8	2,8	4	3,5	4,5	3,7
4	400	-960,2	-19,2	-262	-222,7	-246,4	3,3	3,9	3	3,5	3,425
4	500	-869,5	88,8	-127,8	-88,3	-90,4	4,9	4,8	3,7	4,7	4,525
4	600	-850,2	165	-70	-15,7	-13	4	3,8	3,6	3,9	3,825
4	700	-753,2	205,6	-2,2	68,2	52	5,1	4,1	3,3	4,4	4,225
4	800	-671,8	249	68,6	140	147,4	3,4	5,6	4,5	4,7	4,55
5	400	-1028	-6,3	-229,2	-197,6	-252,3	3,2	3,7	3,4	3,3	3,4
5	500	-913,3	101,2	-109	-71,4	-115,2	4,4	7,9	3,7	5,6	5,4
5	600	-805	152,5	-40,8	-18,2	-38	4,5	5,6	3,6	6,7	5,1
5	700	-795	184	11,3	45,2	16,7	3	2,8	3,2	4,3	3,325
5	800	-734,8	235,7	69,7	106,2	111,7	4,8	6	3	3,8	4,4

Bingkai Citra	Variasi TI	Nilai SNR Jaringan					Nilai CNR Jaringan			
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
2	400	-279,67	-2,70	-106,76	-90,70	-85,46	276,97	104,06	172,91	5,24
2	500	-191,76	27,71	-42,04	-30,24	-26,49	219,47	69,76	149,71	3,76
2	600	-166,98	38,19	-31,37	-14,03	-11,42	205,16	69,55	135,61	2,61
2	700	-159,22	60,88	-7,38	8,86	12,57	220,10	68,27	151,84	3,71
2	800	-162,37	86,67	12,07	31,67	37,68	249,04	74,60	174,44	6,01
3	400	-293,24	-10,08	-79,83	-73,18	-88,34	283,15	69,75	213,41	15,15
3	500	-223,67	20,67	-31,57	-25,60	-34,10	244,33	52,24	192,10	8,50
3	600	-174,77	52,19	-6,09	-0,70	-6,85	226,96	58,28	168,68	6,15
3	700	-166,22	43,17	6,14	12,42	8,47	209,40	37,04	172,36	3,96
3	800	-195,08	70,89	24,70	38,43	30,49	265,97	46,19	219,78	7,95
4	400	-280,35	-5,61	-76,50	-65,02	-71,94	274,74	70,89	203,85	6,92
4	500	-192,15	19,62	-28,24	-19,51	-19,98	211,78	47,87	163,91	0,46
4	600	-222,27	43,14	-18,30	-4,10	-3,40	265,41	61,44	203,97	0,71
4	700	-178,27	48,66	-0,52	16,14	12,31	226,93	49,18	177,75	3,83
4	800	-147,65	54,73	15,08	30,77	32,40	202,37	39,65	162,73	1,63
5	400	-302,35	-1,85	-67,41	-58,12	-74,21	300,50	65,56	234,94	16,09
5	500	-169,13	18,74	-20,19	-13,22	-21,33	187,87	38,93	148,94	8,11
5	600	-157,84	29,90	-8,00	-3,57	-7,45	187,75	37,90	149,84	3,88
5	700	-239,10	55,34	3,40	13,59	5,02	294,44	51,94	242,50	8,57
5	800	-167,00	53,57	15,84	24,14	25,39	220,57	37,73	182,84	1,25
Rerata bingkai citra	400	-288,90	-5,06	-82,62	-71,76	-79,99	283,84	77,56	206,28	10,58
	500	-194,18	21,69	-30,51	-22,14	-25,47	215,86	52,20	163,67	5,21
	600	-180,47	40,85	-15,94	-5,60	-7,28	221,32	56,79	164,53	3,20
	700	-185,70	52,01	0,41	12,76	9,59	237,72	51,61	186,11	5,02
	800	-168,02	66,46	16,92	31,25	31,49	234,49	49,54	184,95	4,21



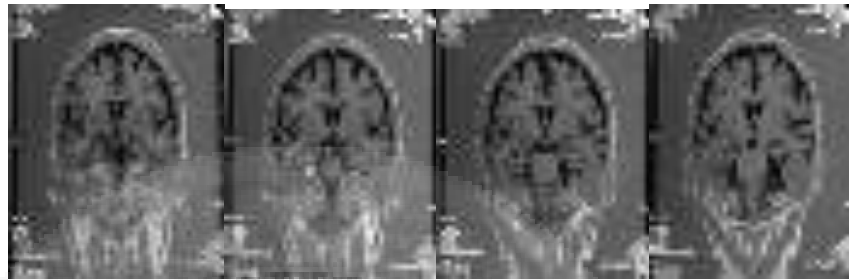
[illegible]



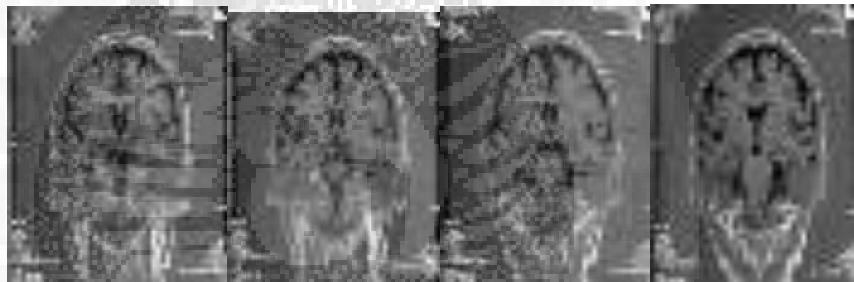
c. Gambar



TI 400 ms



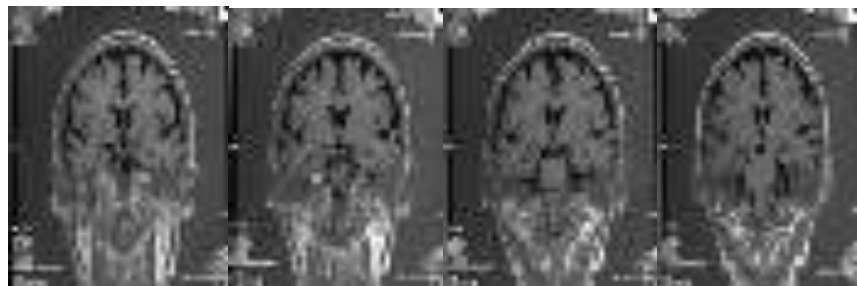
TI 500 ms



TI 600 ms



TI 700 ms



TI 800 ms

## d. Data ROI

Tanggal Pemeriksaan : 29-Apr-16		Jenis Kelamin : Perempuan									
Umur : 48 tahun		Nama Dokter : dr. Neimy, Sp. S									
Bingkai Citra	Variasi TI	Hasil ROI jaringan					Hasil ROI Background				Rata-rata
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	1st	2nd	3rd	4th	Background
2	400	-892,2	-10,7	-279,4	-258,8	-221	3,5	3,6	3,1	3,9	3,525
2	500	-819,5	133	-131,6	-118,2	-27	4,5	5,1	7,1	3,3	5
2	600	-774,5	234	-113	-6,8	78,6	5,6	6,1	2,5	4,5	4,675
2	700	-726	294,5	-35,8	66,8	130,8	4,4	8,2	6,7	4,9	6,05
2	800	-651,8	368,8	45,4	159,2	215,6	10,9	7,1	6,7	4,9	7,4
3	400	-975	-35,2	-305,8	-242,8	-261,2	3,7	3,2	3,6	3,5	3,5
3	500	-901,6	82	-168,5	-95,3	-116,3	4,2	7,2	3,2	6,1	5,175
3	600	-803	160,8	-123,2	-33,7	-22,8	4,1	4	3,3	4,7	4,025
3	700	-719,4	189	-95,3	57,8	5,8	3,1	5,3	3	5,3	4,175
3	800	-695	253,4	-55,5	89,2	102,3	6,8	6,1	9,5	4,3	6,675
4	400	-962,8	-5,8	-199,5	-266	-288,2	3,7	3,9	3,2	3,3	3,525
4	500	-914	90,2	-105,5	-122,7	-120,2	3,9	7,7	4,2	10,9	6,675
4	600	-883,2	180	-52	-45,3	-27,2	4,2	5,5	3,4	5,8	4,725
4	700	-791,4	207,7	2,7	3,8	35,6	4,4	5,5	3,9	8,2	5,5
4	800	-702,2	269,2	82,4	97,8	98,6	3,4	4,3	4,7	7,8	5,05
5	400	-1001	-15	-241,2	-235	-243	3,5	4	2,6	3,8	3,475
5	500	-909,7	108,8	-121,8	-90,2	-98,2	7,9	6,7	4	6,7	6,325
5	600	-818,2	178,8	-17,8	-27,2	-23,8	3,7	6,1	4,9	5,2	4,975
5	700	-757,2	182,3	26,2	36,3	14,4	3	6,4	4,8	7,3	5,375
5	800	-685,7	242,7	110	95,3	101,4	4,8	5,1	6,6	6,4	5,725

Bingkai Citra	Variasi TI	Nilai SNR Jaringan					Nilai CNR Jaringan			
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
2	400	-253,11	-3,04	-79,26	-73,42	-62,70	250,07	76,23	173,84	10,72
2	500	-163,90	26,60	-26,32	-23,64	-5,40	190,50	52,92	137,58	18,24
2	600	-165,67	50,05	-24,17	-1,45	16,81	215,72	74,22	141,50	18,27
2	700	-120,00	48,68	-5,92	11,04	21,62	168,68	54,60	114,08	10,58
2	800	-88,08	49,84	6,14	21,51	29,14	137,92	43,70	94,22	7,62
3	400	-278,57	-10,06	-87,37	-69,37	-74,63	268,51	77,31	191,20	5,26
3	500	-174,22	15,85	-32,56	-18,42	-22,47	190,07	48,41	141,66	4,06
3	600	-199,50	39,95	-30,61	-8,37	-5,66	239,45	70,56	168,89	2,71
3	700	-172,31	45,27	-22,83	13,84	1,39	217,58	68,10	149,49	12,46
3	800	-104,12	37,96	-8,31	13,36	15,33	142,08	46,28	95,81	1,96
4	400	-273,13	-1,65	-56,60	-75,46	-81,76	271,49	54,95	216,54	6,30
4	500	-136,93	13,51	-15,81	-18,38	-18,01	150,44	29,32	121,12	0,37
4	600	-186,92	38,10	-11,01	-9,59	-5,76	225,02	49,10	175,92	3,83
4	700	-143,89	37,76	0,49	0,69	6,47	181,65	37,27	144,38	5,78
4	800	-139,05	53,31	16,32	19,37	19,52	192,36	36,99	155,37	0,16
5	400	-288,06	-4,32	-69,41	-67,63	-69,93	283,74	65,09	218,65	2,30
5	500	-143,83	17,20	-19,26	-14,26	-15,53	161,03	36,46	124,57	1,26
5	600	-164,46	35,94	-3,58	-5,47	-4,78	200,40	39,52	160,88	0,68
5	700	-140,87	33,92	4,87	6,75	2,68	174,79	29,04	145,75	4,07
5	800	-119,77	42,39	19,21	16,65	17,71	162,17	23,18	138,99	1,07
Rerata bingkai citra	400	-237,22	-4,76	-73,16	-71,47	-72,25	268,45	68,40	200,06	6,15
	500	-154,72	18,29	-23,49	-18,67	-15,35	173,01	41,78	131,23	5,98
	600	-179,14	41,01	-17,34	-6,22	0,15	220,15	58,35	161,80	6,37
	700	-144,27	41,41	-5,84	8,08	8,04	185,68	47,25	138,42	8,22
	800	-112,76	45,88	8,34	17,72	20,42	158,63	37,54	121,09	2,70

## LAMPIRAN 7

## ANALISIS DATA RESPONDEN

## A. KUALITAS CITRA

Responden	Variasi TI	Nilai SNR Jaringan					Nilai CNR Jaringan			
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
NORMAL 1	400	-267,17	-1,85	-82,46	-78,11	-79,07	265,32	80,61	184,71	1,11
	500	-170,29	23,61	-25,44	-20,06	-23,02	193,90	49,05	144,85	2,96
	600	-169,60	45,59	-5,18	-2,17	-4,27	215,18	50,76	164,42	2,09
	700	-149,56	50,78	4,13	9,62	4,90	200,33	46,65	153,69	4,73
	800	-144,51	67,73	20,45	26,98	24,29	212,24	47,28	164,96	2,69
NORMAL 2	400	-300,00	-15,04	-78,88	-82,29	-86,77	284,96	63,84	221,12	6,18
	500	-216,86	17,34	-28,71	-27,96	-30,18	234,20	46,05	188,15	3,23
	600	-177,86	34,09	-4,65	-7,59	-4,05	211,95	38,74	173,21	3,55
	700	-127,97	32,99	1,51	4,09	4,28	160,96	31,48	129,48	3,04
	800	-148,61	55,47	18,95	18,98	22,51	204,07	36,52	167,55	4,61
NORMAL 3	400	-241,69	-0,99	-78,16	-78,77	-80,96	240,70	77,17	163,53	7,31
	500	-134,07	25,56	-23,67	-23,57	-23,47	159,63	49,23	110,40	5,79
	600	-130,37	46,39	-6,37	-4,48	-1,37	176,76	52,76	124,00	7,83
	700	-118,39	50,41	4,17	9,81	11,08	168,80	46,23	122,56	4,42
	800	-105,25	66,89	23,68	29,17	31,41	172,14	43,20	128,93	7,41

Responden	Variasi TI	Nilai SNR Jaringan					Nilai CNR Jaringan			
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
NORMAL 4	400	-265,40	-0,31	-73,41	-74,30	-71,54	265,10	73,11	191,99	7,75
	500	-224,45	30,37	-35,96	-31,96	-33,53	254,82	66,33	188,49	6,49
	600	-158,56	37,75	-7,89	-3,86	-4,13	196,31	45,64	150,68	3,61
	700	-154,97	47,03	3,56	7,18	6,12	202,00	43,47	158,53	2,69
	800	-149,30	62,18	20,79	25,23	23,38	211,48	41,39	170,09	3,34
NORMAL 5	400	-284,73	-3,12	-71,76	-75,76	-76,23	281,61	68,53	213,08	5,14
	500	-151,56	17,49	-21,36	-19,05	-20,83	169,05	38,86	130,20	2,82
	600	-103,43	23,63	-2,57	-5,38	-3,12	127,06	26,21	100,86	2,26
	700	-58,53	16,27	1,15	2,12	1,69	74,80	15,12	59,68	0,94
	800	-67,65	26,79	9,75	10,97	11,27	94,44	17,04	77,40	2,48
NORMAL 6	400	-229,67	-6,06	-48,33	-69,35	-53,83	223,61	42,26	181,35	17,46
	500	-98,77	11,08	-7,97	-11,18	-4,95	109,85	19,05	90,80	9,54
	600	-75,03	16,37	1,59	1,10	-1,34	91,40	14,79	76,62	6,93
	700	-40,03	11,89	4,28	8,47	0,51	51,92	7,61	44,31	7,97
	800	-42,20	18,61	10,56	18,79	4,20	60,81	8,05	52,75	14,59
NORMAL 7	400	-266,22	-3,08	-72,83	-78,50	-75,99	263,14	69,76	193,39	3,65
	500	-173,52	23,13	-23,33	-22,87	-24,15	196,65	46,46	150,19	1,29
	600	-149,68	38,59	-5,98	-3,11	-5,17	188,28	44,57	143,70	2,34
	700	-118,77	40,04	3,83	5,51	5,55	158,81	36,21	122,60	2,85
	800	-126,56	56,47	22,14	23,47	20,46	183,03	34,33	148,70	4,76

Responden	Variasi TI	Nilai SNR Jaringan					Nilai CNR Jaringan			
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
NORMAL 8	400	-307,12	3,06	-86,31	-78,80	-73,63	310,18	89,37	220,81	10,47
	500	-159,57	20,08	-21,43	-20,39	-12,37	179,65	41,51	138,14	8,83
	600	-163,80	40,18	-8,81	-0,49	-0,99	203,98	48,99	154,99	2,59
	700	-137,56	42,20	-3,36	9,96	9,28	179,76	45,56	134,19	2,02
	800	-127,65	53,84	19,67	27,69	24,49	181,49	34,18	147,32	4,72
KELAINAN 1	400	-288,53	-5,92	-73,05	-94,29	-85,02	282,62	67,14	215,48	11,54
	500	-194,43	24,23	-11,89	3,22	-1,77	218,66	36,12	182,53	6,32
	600	-180,45	40,65	-5,01	-9,99	-9,49	221,11	45,66	175,45	3,80
	700	-170,36	50,96	9,51	3,91	7,10	221,32	41,45	179,88	3,25
	800	-142,15	59,34	24,77	18,16	24,14	201,49	34,57	166,92	8,80
KELAINAN 2	400	-288,23	0,37	-59,12	-73,94	-78,32	288,60	59,49	229,11	11,10
	500	-195,10	26,37	-16,72	-23,17	-23,75	221,47	43,08	178,39	6,29
	600	-187,52	43,29	-1,47	-6,90	-5,53	230,82	44,76	186,06	8,18
	700	-159,98	49,93	12,88	9,73	12,12	209,91	37,05	172,86	8,21
	800	-161,93	73,57	28,96	29,87	32,12	235,50	44,62	190,88	7,62
KELAINAN 3	400	-288,90	-5,06	-82,62	-71,76	-79,99	283,84	77,56	206,28	10,58
	500	-194,18	21,69	-30,51	-22,14	-25,47	215,86	52,20	163,67	5,21
	600	-180,47	40,85	-15,94	-5,60	-7,28	221,32	56,79	164,53	3,20
	700	-185,70	52,01	0,41	12,76	9,59	237,72	51,61	186,11	5,02
	800	-168,02	66,46	16,92	31,25	31,49	234,49	49,54	184,95	4,21

Responden	Variasi TI	Nilai SNR Jaringan					Nilai CNR Jaringan			
		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
KELAINAN 4	400	-237,22	-4,76	-73,16	-71,47	-72,25	268,45	68,40	200,06	6,15
	500	-154,72	18,29	-23,49	-18,67	-15,35	173,01	41,78	131,23	5,98
	600	-179,14	41,01	-17,34	-6,22	0,15	220,15	58,35	161,80	6,37
	700	-144,27	41,41	-5,84	8,08	8,04	185,68	47,25	138,42	8,22
	800	-112,76	45,88	8,34	17,72	20,42	158,63	37,54	121,09	2,70

## B. HASIL UJI STATISTIKA

### ➤ Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
N		60	60	60	60	60	60	60	60	60
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	-170,8498	30,0670	-16,1497	-14,1718	-14,1432	201,5170	46,2155	155,3020	5,6205
	Std. Deviation	64,00857	22,54289	32,61876	35,34146	34,89894	56,04840	17,09504	41,52439	3,31222
	Absolute	,124	,104	,172	,174	,197	,105	,123	,096	,109
Most Extreme Differences	Positive	,080	,089	,123	,141	,133	,063	,123	,063	,109
	Negative	-,124	-,104	-,172	-,174	-,197	-,105	-,107	-,096	-,089
Kolmogorov-Smirnov Z		,957	,807	1,335	1,347	1,530	,817	,952	,740	,842
Asymp. Sig. (2-tailed)		,318	,532	,057	,053	,019	,517	,325	,644	,477

### Transformasi Data

```
COMPUTE Hki=SQRT(32.12-Hki) .
EXECUTE .
```

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		CSF	WM	GM	Hka	Hki	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
N		60	60	60	60	60	60	60	60	60
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	-170,8498	30,0670	-16,1497	-14,1718	6,2674	201,5170	46,2155	155,3020	5,6205
	Std. Deviation	64,00857	22,54289	32,61876	35,34146	2,66472	56,04840	17,09504	41,52439	3,31222
	Absolute	,124	,104	,172	,174	,120	,105	,123	,096	,109
Most Extreme Differences	Positive	,080	,089	,123	,141	,120	,063	,123	,063	,109
	Negative	-,124	-,104	-,172	-,174	-,112	-,105	-,107	-,096	-,089
Kolmogorov-Smirnov Z		,957	,807	1,335	1,347	,927	,817	,952	,740	,842
Asymp. Sig. (2-tailed)		,318	,532	,057	,053	,357	,517	,325	,644	,477

## ➤ Uji MANOVA

## Uji Deskriptif

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Variasi TI	1	400	12
	2	500	12
	3	600	12
	4	700	12
	5	800	12



## Descriptive Statistics

Jaringan	Variasi TI	Mean	Std. Deviation	N	Jaringan	Variasi TI	Mean	Std. Deviation	N
CSF	400	-272,0733	25,26611	12	Hka	400	-77,2783	6,54082	12
	500	-172,2933	35,63515	12		500	-19,8167	8,84923	12
	600	-154,6592	34,96853	12		600	-4,5575	3,09784	12
	700	-130,5075	43,02388	12		700	7,6033	3,12170	12
	800	-124,7158	37,81589	12		800	23,1900	6,22192	12
	Total	-170,8498	64,00857	60		Total	-14,1718	35,34146	60
WM	400	-3,5633	4,54357	12	Hki	400	-76,1333	8,44017	12
	500	21,6033	5,11353	12		500	-19,9033	9,57417	12
	600	37,3658	8,89417	12		600	-3,8825	2,78934	12
	700	40,4933	13,62917	12		700	6,6883	3,56364	12
	800	54,4358	16,65999	12		800	22,5150	8,16238	12
	Total	30,0670	22,54289	60		Total	-14,1432	34,89894	60
GM	400	-73,3408	10,54007	12	CSF-WM	400	271,5108	22,85985	12
	500	-22,5400	7,71718	12		500	193,8958	38,95699	12
	600	-6,6350	5,45673	12		600	192,0267	42,30574	12
	700	3,0192	5,01110	12		700	171,0008	55,84057	12
	800	18,7483	6,35333	12		800	179,1508	53,23104	12
	Total	-16,1497	32,61876	60		Total	201,5170	56,04840	60

Jaringan	Variasi TI	Mean	Std. Deviation	N
WM-GM	400	69,7700	11,81771	12
	500	44,1433	11,08530	12
	600	44,0017	12,50660	12
	700	37,4742	13,49300	12
	800	35,6883	12,12088	12
	Total	46,2155	17,09504	60
GM-CSF	400	201,7425	19,44630	12
	500	149,7533	31,58194	12
	600	148,0267	32,38787	12
	700	133,5258	43,88605	12
	800	143,4617	42,23130	12
	Total	155,3020	41,52439	60
Hka-Hki	400	8,2033	4,32479	12
	500	5,3958	2,45813	12
	600	4,3958	2,27470	12
	700	4,4467	2,49464	12
	800	5,6608	3,49655	12
	Total	5,6205	3,31222	60

**Uji Multivariat / Uji F****Multivariate Tests<sup>a</sup>**

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>d</sup>
Intercept	Pillai's Trace	,995	1108,307 <sup>b</sup>	9,000	47,000	,000	9974,764	1,000
	Wilks' Lambda	,005	1108,295 <sup>b</sup>	9,000	47,000	,000	9974,659	1,000
	Hotelling's Trace	212,227	1108,295 <sup>b</sup>	9,000	47,000	,000	9974,659	1,000
	Roy's Largest Root	212,227	1108,295 <sup>b</sup>	9,000	47,000	,000	9974,659	1,000
Perlakuan	Pillai's Trace	1,603	3,714	36,000	200,000	,000	133,694	1,000
	Wilks' Lambda	,007	13,372	36,000	177,868	,000	429,054	1,000
	Hotelling's Trace	59,419	75,099	36,000	182,000	,000	2703,563	1,000
	Roy's Largest Root	58,259	323,659 <sup>c</sup>	9,000	50,000	,000	2912,933	1,000

**Uji Homogenitas / Uji Levene****Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup>**

SNR	F	df1	df2	Sig.
CSF	,382	4	55	,820
WM	3,672	4	55	,010
GM	,918	4	55	,460
Hka	1,700	4	55	,163
Hki	6,141	4	55	,000

CNR	F	df1	df2	Sig.
CSF-WM	1,201	4	55	,321
WM-GM	,154	4	55	,961
GM-CSF	1,147	4	55	,344
Hka-Hki	1,463	4	55	,226

**Uji Pengaruh Variasi TI**  
**Kelompok Responden Normal**

**Tests of Between-Subjects Effects**

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>j</sup>
Perlakuan	CSF	134841,032	4	33710,258	23,997	,000	95,987	1,000
	WM	13513,701	4	3378,425	22,988	,000	91,953	1,000
	GM	267,513	4	66,878	140,386	,000	561,543	1,000
	Hka	47491,346	4	11872,836	556,263	,000	2225,053	1,000
	Hki	234,376	4	58,594	92,779	,000	371,117	1,000
	CSF-WM	66755,113	4	16688,778	7,574	,000	30,289	,993
	WM-GM	7562,221	4	1890,555	9,911	,000	39,644	,999
	GM-CSF	29895,135	4	7473,784	5,872	,001	23,486	,968
	Hka-Hki	73,469	4	18,367	1,561	,206	6,242	,431

**Kelompok Responden Kelainan****Tests of Between-Subjects Effects**

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>i</sup>
Perlakuan	CSF	171195,218	4	42798,804	33,373	,000	133,493	1,000
	WM	23501,453	4	5875,363	49,858	,000	199,433	1,000
	GM	59850,112	4	14962,528	281,356	,000	1125,426	1,000
	Hka	71721,532	4	17930,383	500,443	,000	2001,772	1,000
	Hki	384,009	4	96,002	151,151	,000	604,604	1,000
	CSF-WM	77745,206	4	19436,301	9,935	,000	39,740	1,000
	WM-GM	9014,899	4	2253,725	15,066	,000	60,265	1,000
	GM-CSF	34257,998	4	8564,499	6,981	,000	27,925	,991
	Hka-Hki	115,210	4	28,802	2,977	,034	11,909	,759

**Uji Post Hoc****CSF**

	Variasi TI	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b,c</sup>	400	12	-272,0733		
	500	12		-172,2933	
	600	12		-154,6592	-154,6592
	700	12			-130,5075
	800	12			-124,7158
	Sig.		1,000	,748	,257

Dependent Variable		(I) Variasi TI	(J) Variasi TI	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
WM	Games-Howell	400	500	-25,1667*	1,97468	,000	-31,0324	-19,3009
			600	-40,9292*	2,88314	,000	-49,7383	-32,1200
			700	-44,0567*	4,14727	,000	-57,0561	-31,0573
			800	-57,9992*	4,98497	,000	-73,7633	-42,2350
		500	400	25,1667*	1,97468	,000	19,3009	31,0324
			600	-15,7625*	2,96162	,000	-24,7416	-6,7834
			700	-18,8900*	4,20221	,004	-31,9792	-5,8008
			800	-32,8325*	5,03077	,000	-48,6631	-17,0019
		600	400	40,9292*	2,88314	,000	32,1200	49,7383
			500	15,7625*	2,96162	,000	6,7834	24,7416
			700	-3,1275	4,69805	,961	-17,2606	11,0056
			800	-17,0700*	5,45177	,042	-33,6789	-,4611
		700	400	44,0567*	4,14727	,000	31,0573	57,0561
			500	18,8900*	4,20221	,004	5,8008	31,9792
			600	3,1275	4,69805	,961	-11,0056	17,2606
			800	-13,9425	6,21363	,202	-32,4399	4,5549
		800	400	57,9992*	4,98497	,000	42,2350	73,7633
			500	32,8325*	5,03077	,000	17,0019	48,6631
			600	17,0700*	5,45177	,042	-,4611	33,6789
			700	13,9425	6,21363	,202	-4,5549	32,4399

GM							
	Variasi TI	N	Subset				
			1	2	3	4	5
	Tukey HSD <sup>a,b,c</sup>	400	12	-73,3408			
	500	12		-22,5400			
	600	12			-6,6350		
	700	12				3,0192	
	800	12					18,7483
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Hka							
	Variasi TI	N	Subset				
			1	2	3	4	5
	Tukey HSD <sup>a,b,c</sup>	400	12	-77,2783			
	500	12		-19,8167			
	600	12			-4,5575		
	700	12				7,6033	
	800	12					23,1900
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Dependent Variable		(I) Variasi TI	(J) Variasi TI	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Hki	Games-Howell	400	500	3,2144*	,23305	,000	2,5102	3,9186
			600	4,4006*	,13797	,000	3,9813	4,8200
			700	5,3651*	,15801	,000	4,8952	5,8351
			800	7,6665*	,45836	,000	6,2171	9,1159
		500	400	-3,2144*	,23305	,000	-3,9186	-2,5102
			600	1,1862*	,21016	,001	,5276	1,8449
			700	2,1507*	,22383	,000	1,4668	2,8346
			800	4,4521*	,48500	,000	2,9580	5,9461
		600	400	-4,4006*	,13797	,000	-4,8200	-3,9813
			500	-1,1862*	,21016	,001	-1,8449	-,5276
			700	,9645*	,12176	,000	,5983	1,3307
			800	3,2659*	,44716	,000	1,8306	4,7011
		700	400	-5,3651*	,15801	,000	-5,8351	-4,8952
			500	-2,1507*	,22383	,000	-2,8346	-1,4668
			600	-,9645*	,12176	,000	-1,3307	-,5983
			800	2,3014*	,45375	,002	,8582	3,7445
		800	400	-7,6665*	,45836	,000	-9,1159	-6,2171
			500	-4,4521*	,48500	,000	-5,9461	-2,9580
			600	-3,2659*	,44716	,000	-4,7011	-1,8306
			700	-2,3014*	,45375	,002	-3,7445	-,8582



**CSF-WM**

	Variasi TI	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD <sup>a,b,c</sup>	700	12	171,0008	
	800	12	179,1508	
	600	12	192,0267	
	500	12	193,8958	
	400	12		271,5108
	Sig.		,712	1,000

**WM-GM**

	Variasi TI	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD <sup>a,b,c</sup>	800	12	35,6883	
	700	12	37,4742	
	600	12	44,0017	
	500	12	44,1433	
	400	12		69,7700
	Sig.		,446	1,000

**GM-CSF**

	Variasi TI	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD <sup>a,b,c</sup>	700	12	133,5258	
	800	12	143,4617	
	600	12	148,0267	
	500	12	149,7533	
	400	12		201,7425
	Sig.		,787	1,000

**Hka-Hki**

	Variasi TI	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD <sup>a,b,c</sup>	600	12	4,3958	
	700	12	4,4467	
	500	12	5,3958	5,3958
	800	12	5,6608	5,6608
	400	12		8,2033
	Sig.		,856	,191

➤ Uji Korelasi *Pearson***SNR****Correlations**

		Variasi TI	CSF	WM	GM	Hka	Hki
Variasi TI	Pearson Correlation	1	,750**	,853**	,917**	,921**	,915**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000	,000	,000
	N	60	60	60	60	60	60
CSF	Pearson Correlation	,750**	1	,528**	,831**	,827**	,817**
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,000	,000	,000
	N	60	60	60	60	60	60
WM	Pearson Correlation	,853**	,528**	1	,870**	,882**	,893**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,000	,000	,000
	N	60	60	60	60	60	60
GM	Pearson Correlation	,917**	,831**	,870**	1	,980**	,984**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000		,000	,000
	N	60	60	60	60	60	60
Hka	Pearson Correlation	,921**	,827**	,882**	,980**	1	,992**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000		,000
	N	60	60	60	60	60	60
Hki	Pearson Correlation	,915**	,817**	,893**	,984**	,992**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	
	N	60	60	60	60	60	60

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**CNR****Correlations**

		Variasi TI	CSF-WM	WM-GM	GM-CSF	Hka-Hki
Variasi TI	Pearson Correlation	1	-,528**	-,624**	-,456**	-,260*
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000	,045
	N	60	60	60	60	60
CSF-WM	Pearson Correlation	-,528**	1	,892**	,983**	,122
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,000	,353
	N	60	60	60	60	60
WM-GM	Pearson Correlation	-,624**	,892**	1	,792**	,068
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,000	,603
	N	60	60	60	60	60
GM-CSF	Pearson Correlation	-,456**	,983**	,792**	1	,136
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000		,299
	N	60	60	60	60	60
Hka-Hki	Pearson Correlation	-,260*	,122	,068	,136	1
	Sig. (2-tailed)	,045	,353	,603	,299	
	N	60	60	60	60	60

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).